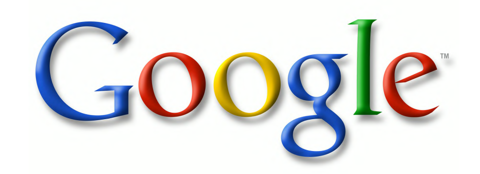
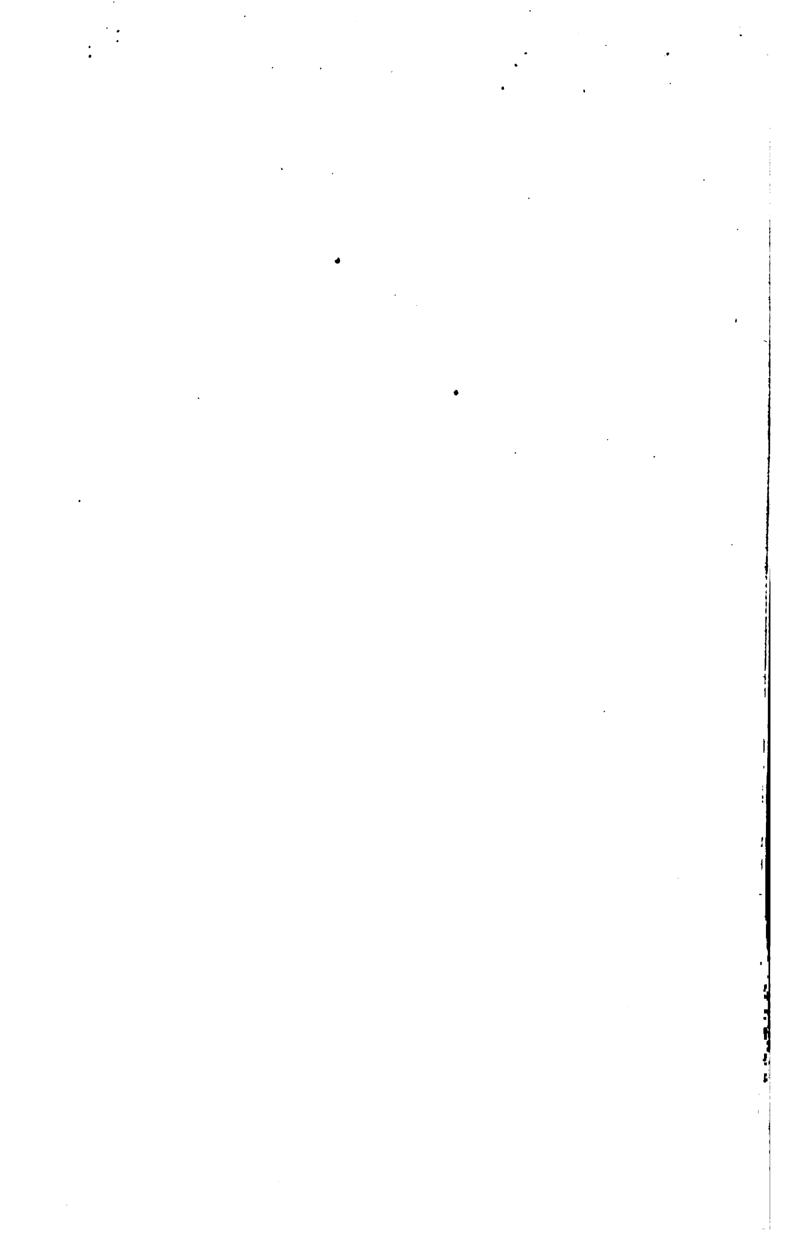








Bibliothek der gesamten Technik ○ 27. Band

F.+

Die Fabrikation nahtloser Stahlrohre

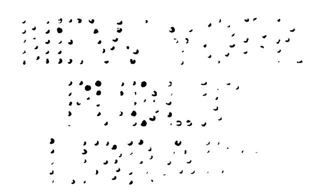
mit einer Einleitung über die

Fabrikation geschweißter Eisenrohre

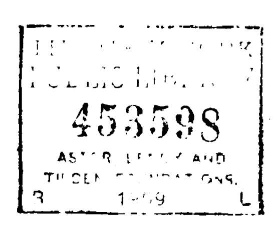
Von
Zivilingenieur **Anton Bousse**
in Berlin

Mit 5 Tafeln und 158 Textabbildungen





Hannover
Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung
1908



Hofbuchdruckerei Gebrüder Jänecke, Hannover

Vorwort.

Der Verfasser des vorliegenden Werkes hat es sich zur Aufgabe gestellt, dem Leser einen möglichst umfassenden Einblick in die vielseitigen Fabrikationsmethoden zu geben, welche heute zur Herstellung von nahtlosen Stahlröhren in Gebrauch und Vorschlag gekommen sind. Auf Einzelheiten konnte natürlich im allgemeinen nicht eingegangen werden, da der Druck-Umfang des Bandes vorgeschrieben war und der vorhandene Raum nicht ausreichte, interne Betriebsfragen zu behandeln. Immerhin sind aber bei den wichtigsten Verfahren nach Tunlichkeit auch einige praktische Details mit angeführt und besprochen worden.

Bei der Auswahl der vielen Verfahren und Methoden war der Grundsatz maßgebend, daß nur solche in den Kreis der Darstellungen hineingezogen werden sollten, die entweder praktisch ausgeübt werden, oder deren praktische Verwendung erwartet resp. betrieben werden kann.

Mit Rücksicht auf die außerordentliche Mannigfaltigkeit des zu verarbeitenden Stoffes und dem, wie schon erwähnt, beschränkten Druckraum, mußten jedoch eine ganze Reihe von ebenfalls brauchbaren Fabrikationsmitteln übergangen bzw. während der Ausarbeitung des Werkes gestrichen werden. Ins-

besondere betrifft dies ausländische Verfahren, da in erster Linie der deutsche Erfindergeist und die heimische Industrie zu Worte kommen sollte. Indes auch trotz dieser, vielfach nachträglich vorgenommenen, Kürzungen und Umänderungen ließ es sich nicht erreichen, eine vollständige Uebersicht dessen zu geben, was auf dem Gebiete der nahtlosen Rohrfabrikation in den letzten zwei Jahrzehnten geschaffen und erstrebt worden ist.

Häufig zwang die Knappheit des Raumes dazu, charakteristische Abschnitte aus den Patentauszügen zu bringen, und da die Erlangung von Werkszeichnungen und photographischen Darstellungen aus der Praxis unmöglich war, das Abbildungsmaterial den offiziellen Patentzeichnungen zu entnehmen.

Ueberhaupt fand der Verfasser (obwohl es begreiflich ist, daß eine so neue, vielfach noch im Anfangsstadium stehende und mit Kinderkrankheiten kämpfende Fabrikation ihre mühsam erhaltenen und oft teuer erkauften Verbesserungen und Betriebseinrichtungen nicht gerne preisgibt und geheim zu halten sucht) so gut wie gar keine Unterstützung bei den Fachgenossen und einschlägigen Werken, und verweigerten selbst die großen und führenden Firmen eine auch nur halbwegs die schwierige Aufgabe und Arbeit des Verfassers erleichternde Hilfe. Zu danken habe ich also an dieser Stelle niemand, hoffe jedoch bei einer künftigen Neuauflage des Werkchens manche herzlichst willkommene Mitteilung und Anregung aus dem Kreise der Interessenten und Fachwelt bestens verwerten und einflechten zu dürfen.

Bei der Abfassung und Einteilung des Werkchens war der Verfasser von dem Bestreben geleitet, auch den technisch nicht besonders geschulten Interessenten ein klares Bild vom Verlauf der modernen Stahl- und Schmiedeeisen-Röhrenerzeugung zu geben

und da, infolge des reichlichen Stoffmaterials, diejenigen Kapitel, welche das Weiterbearbeiten der nahtlosen Rohrhohlkörper zum Gegenstand haben (die wegen ihrer ebenfalls großen Stoffülle in einem separaten Bande behandelt werden sollen) nur in knappester Weise und in den gröbsten Umrissen besprochen werden konnten, anderseits aber diese Weiterverarbeitungsmethoden im Prinzip viel Aehnlichkeit mit dem Auswalzen und Ziehen geschweißter Rohre haben (welch letztere in der Literatur außer vom Verfasser nirgends näher gekennzeichnet sind, aber bei weitem als die Haupterzeugungsmethode für Dampf-, Haus- und Druckleitungsrohre in Anspruch genommen werden müssen), so wurde eine Beschreibung ihrer Herstellungsweise als sehr angebracht erachtet, und dieselbe mit um so größerm Rechte als Einleitungsabschnitt dem Buche vorangesetzt, als sie für die vergleichende Bewertung mit nahtlosen Stahlrohrfabrikaten kaum entbehrt werden konnte und außerdem das Verständnis für die nur sehr kurz behandelten Kapitel der Weiterverarbeitung und Schlußformgebung nahtloser Rohre wesentlich erleichterte.

Für diejenigen Leser, welche in diesem Punkte noch vor Erscheinen meines Ergänzungsbandes größere Einsicht in die Arbeitsmittel erlangen wollen, ist ebenso wie für diejenigen, welche den gegenwärtigen Stand der nahtlosen Stahlrohrerzeugung eingehender kennen zu lernen wünschen, im Anhang ein Patentregister beigegeben, das unter evtl. Benutzung eines ausführlichen, dreisprachigen Patent-Indikators, der in allernächster Zeit als separates Buchwerk erscheint, dann höchst willkommene Dienste leisten dürfte.

Ferner sind, um dem Buche auch einen bescheidenen Platz in der Praxis der Rohrverbraucher und Eisenkonstrukteure sowie Maschinentechniker usw.

zu sichern, im Schlußteil einige Dimensions- und Gewichtstabellen der wichtigsten Stahl- und Schmiedeeisenrohrsorten, soweit sie in Deutschland erzeugt und verwendet werden, beigefügt.

Mit dem Wunsche, daß dem Werkchen, dessen Erscheinen sich leider durch Krankheit und berufliche Ueberlastung des Verfassers um fast zwei Jahre verzögerte, eine günstige Aufnahme zuteil werden möge, und sein spröder, bisher noch nirgends im Zusammenhang veröffentlichter Stoff eventuelle Unvollkommenheiten nach der einen oder andern Seite hin erklärlich mache, übergebe ich es der Oeffentlichkeit.

Berlin, im Juni 1907.

Anton Bousse.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Abschnitt.

Die Fabrikation geschweisster Eisenrohre.

Es gibt wohl kaum ein zweites Fabrikat der Eisenhüttentechnik und der Metalltechnologie, welches eine so mannigfaltige Herstellungsweise und eine so ausgedehnte Verwendung gefunden hat als das glattwandige Eisen- und Metallrohr (zum Unterschiede gegenüber dem gefalzten und genieteten Eisenrohr).

Ganze Gebäude, Straßen und Städte sind im modernen Kulturstaate vielfach von einem weitverzweigten, häufig sogar sehr engmaschigen Netze von Eisenröhren durchzogen, und letztere in Gestalt von Gas-, Wasser- und Kanalisationsleitungen oder als Preßluft-, Kühl- und Heizanlagen zu einem fast unentbehrlichen Bestandteil heutiger Lebens- und Arbeitseinrichtungen geworden.

Gleichviel, ob wir auf Schienenwegen oder großen Wasserflächen mittels Dampfkraft die Welt durcheilen oder aus stationären Kesselanlagen die verschiedenartigsten Arbeitsmaschinen betätigen, ob wir aus Bohrschächten Petroleum und andere wertvolle Erdflüssigkeiten oder Gase zutage zwingen, immer wird im weitesten Sinne vom Eisenrohr Gebrauch gemacht, und hunderte im Haushalte sowie in der Technik benötigte Gerätschaften sind so gut wie undenkbar ohne dieses wichtige Industrieerzeugnis.

Wohin das Auge im modernen Lebensmilieu auch blicken mag, überall gewahrt es in reichster Fülle und zu den verschiedenartigsten Zwecken verwendet den eisernen Hohlzylinder. Bald ist es eine mächtige Fahnenstange, bald ein elektrischer Licht- oder Telegraphenmast, bald ein Geländer, bald ein Fahrradgestell, welches der Wahrnehmung entgegentritt, und man kann daher wohl ohne Uebertreibung behaupten, daß es kein zweites Produkt der Metalltechnologie gibt, welches ihm an Bedeutung gleichkommt.

Jedes andre Konstruktions- oder Bauprofil der Walztechnik ließe sich denn auch in der Tat eher entbehren als das Rohr, welches im Notfalle durch Umprofilierung oder direkt als Eisenbahnschiene, Träger-, Winkel- oder Bandeisen benutzt werden könnte. Niemals jedoch könnten die letztgenannten Gebilde ein Rohr ersetzen.

Mit welch hoher Vollkommenheit das Schmiedeeisen- und Stahlrohr selbst zu Konstruktionszwecken herangezogen werden kann, lehrt wohl, um nur ein Beispiel zu nennen, der Riesenbau der Forthbrücke (in England), welche fast ausschließlich aus Rohrbalken hergestellt ist, obwohl sie bei einer Gesamtlänge von 2470 m Spannweiten von 521 m zeigt.

Allein nicht nur Werke des Friedens sind es, die das Rohr so gut wie unentbehrlich machen, auch die Forderungen der modernen Heeresausrüstung beanspruchen in ausgedehnter Weise die Verwendung desselben, sei es als hohle Lanzenschäfte, Gewehrläufe, Wagenachsen, Pioniermaterialien oder dergleichen.

Ungeachtet indes der ungeheuern Bedeutung, die das glattwandige Eisenrohr (dessen Produktion in Deutschland im letzten Jahre über 200 000 t betrug) für die heutige Menschheit besitzt, ist die fabrikationsmäßige Herstellung desselben keine sehr

alte. Noch vor wenigen hundert Jahren war seine Verwendung so gut wie unbekannt, und wenn einzelne Männer der Wissenschaft zu ihren physikalischen Versuchen, technischen Experimenten und erfinderischen Bestrebungen unumgänglich notwendig im Besitz eines solchen Hilfsmittels sein mußten, dann blieb ihnen meist nichts anders übrig, als sich dasselbe nach einem sehr mühsamen, kostspieligen und gewöhnlich recht ungenauen Verfahren als Einzelerzeugnis anfertigen zu lassen.

Erst mit dem Aufkommen der Handfeuerwaffe als Kriegsführungsmittel scheint darin ein kleiner Wandel geschaffen worden zu sein, wenigstens sind uns aus jener Zeit Aufzeichnungen und Bemühungen italienischer, spanischer und französischer Waffenschmiede bekannt, die erkennen lassen, daß man sich ernsthaft an eine rationellere Methode der Röhrenerzeugung versuchte.

Selbstverständlich kam für diese Bestrebungen lediglich ein schmied- und schweißbares Eisen in Betracht, da Gußeisen, welches für großkalibrige Kanonen- und Mörserrohre wohl geeignet war, für Handgewehre und Tragbüchsen zu viele Nachteile hatte, die, abgesehen von der mangelhaften Beschaffenheit, die das Gußeisen damals zumeist noch besaß, hauptsächlich darin gipfelten, daß das Gußprodukt zu wenig dicht war und sich weder in genügend dünnen Wandstärken noch wegen der beim Erkalten des Materials auftretenden Gießspannungen mit genau geraden Bohrungen bzw. Innenwandungen herstellen ließ.

Es würde zu weit führen an dieser Stelle näher auf die einzelnen Verbesserungen und Werkzeugvervollkommnungen einzugehen, welche auf die Rohrfabrikation jener Zeit Bezug haben, und es möge genügen, darauf hinzuweisen, daß es sich im Prinzip immer darum handelte, bandartige, flache

und entsprechend lange Blechstreifen in ihrer Längsaxe mittels Hämmer oder Schlagapparate um einen massiven Rundstab oder Dorn zu biegen, so daß sich die gegenüberliegenden Blechlängsränder in gerader Linie an- oder übereinander legten, seltener (wenngleich für besonders gute Rohre bis in die Mitte des XIX. Jahrhunderts hinein gebräuchlich) war eine Methode, bei der der Blechstreifen in spiralförmigen Windungen um den Dorn gewickelt wurde.

Die Ränder des röhrenartig vorgebogenen Werkstückes (siehe Abb. 1 und 2) wurden alsdann

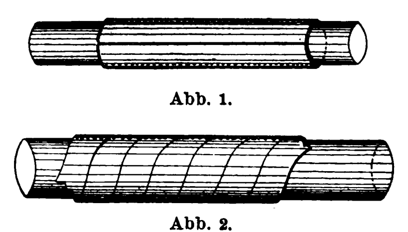


Abb. 1.

Abb. 2.

unter Glühtemperatur mittels Fallwerke, Hämmer oder dergleichen sukzessive, d. h. stückweise mit einander verschweißt und das Innere und Aeußere des Rohres durch Spezialwerkzeuge geglättet.

Jedoch auch diese Herstellung erwies sich auf die Dauer, abgesehen von der Umständlichkeit, als zu sehr abhängig von der Geschicklichkeit und Gewissenhaftigkeit des Arbeiters, und besonders als die Forderungen der napoleonischen Weltkriege und der bald darauf (1815) von William Murdoch erfundenen Gasbeleuchtung den Bedarf an nicht spröden, zähen und sehr dichten, kleinkalibrigen Röhren ins Ungeahnte steigerten, ergab sich die Notwendigkeit eine weitere Vereinfachung und Verbilligung der Fabrikation herbeizuführen.

Das Heil kam diesmal, wie die meisten Errungenschaften der praktischen Technik jener Zeit, aus England wo, nachdem 1812 Henry Osborn den zum Schweißen benutzten Handhammer durch einen mit Wasserkraft betriebenen Schwanz- oder Wipphammer ersetzt hatte, 1825 der Eisenwarenhändler James Whitehouse sich ein Verfahren patentieren ließ, bei dem ein Blechstreifen von bestimmter Breite aus Schweißeisen zu einem offenen Schlitzrohre, sei es durch Umhämmern desselben um eine Dornstange oder durch Pressung in Scharniergesenken, vorgebogen wurde.*) Die eine Hälfte dieses Vorfabrikates wurde in einem Flamm- bzw. Schweiß- oder Reverberierofen auf eine Glühtemperatur von 1300—1400 ⁰ C erhitzt, während das kalte Ende (d. h. die aus dem Ofen herausragende Hälfte) in die Schleppzange einer Kettenziehbank eingeklemmt, zwischen die Backen eines zweiteiligen, kurz vor der Ofentür oder unmittelbar auf der Arbeitsplatte des Ofens montierten, feststehenden Zieheisens gelegt wurde. Dieses Zieheisen (auch Manschette, Glocke, Tiegel und Kuxe genannt), dessen beide Schalenhälften mittels Preßschraube ein wenig verstellbar waren, gestattete, nachdem die im Ofen lagernde Hälfte des Werkstückes die genügende Schweißtemperatur erreicht hatte und die an das kalte Ende angreifende Schleppzange in die Ziehkette eingeklinkt war, ein ziemlich druckfreies Passieren desjenigen Schlitzrohrteiles, der noch kalt oder unzureichend angewärmt war, sobald jedoch die weißglühende Partie

*) Ausführlicheres über die Fabrikation kann in den von dem Verfasser veröffentlichten Artikeln der Zeitschrift „Stahl und Eisen“, Düsseldorf, nachgelesen werden, und zwar: Jahrgang 1905 Seite 1114—1124 und 1177—1180, Jahrgang 1906 Seite 602—607 und 651—658 und 1313—1322, Jahrgang 1907 Seite 371—380 und 404—413.

des Schlitzrohres zum Eintritt in und durch das Zieheisen gelangte, preßte ein Arbeiter die Schalenhälften mit Hilfe vorgenannter Preßschraube fest zusammen, so daß die Durchgangsöffnung sich verkleinerte und die gegeneinanderliegenden Schlitzränder auf Grund des zu überwindenden Druckwiderstandes sich verschweißten.

Hierauf wurde das Werkstück umgedreht, die noch offene Hälfte in den Ofen eingeführt und später auf die gleiche Weise geschlossen.

Diese Fabrikationsmethode ist, obgleich in den Einzelheiten und inbezug auf die Ausbildung und Gestaltung der Hilfswerkzeuge bedeutend verbessert (z. B. statt der feststehenden Ziehform eine Doppelzange, deren Mundstück die beiden Backen des Tiegels oder der Ziehform ersetzt, während die Zangenschenkel stark verlängert sind, so daß sie von den an beiden Seiten der Ziehbank postierten Arbeitsleuten während des Rohrdurchgangs sicher gehalten und fast gegeneinander gepreßt werden können) noch heute im Gebrauch, wenngleich sich in Deutschland, [illegible] und Frankreich mehr ein ähnliches Verfahren [illegible]gebürgert hat, bei dem man wieder [illegible] Zieheisen zurückgekehrt ist, die [illegible] der Ziehbank jedoch nicht direkt in [illegible]material einbeißen läßt, sondern einen [illegible] massiven Rundstab an das Rohrblech an[illegible]. Dadurch ist man in der Lage, das Rohr [illegible] in seiner ganzen Länge durch die Ziehform [illegible], und erspart auch den Vorrundungsprozeß. [illegible] kurze Darstellung dieser sehr verbreiteten [illegible] die Herstellung gewöhnlicher Gas- und [illegible]rohre in Europa fast allein in Betracht [illegible] Fabrikationsmethode sei im folgenden

[illegible] Röhrenstreifen, meist ein auf dem [illegible]werk erzeugtes breites und starkes

Bandeisen (seltener aus breiten Blechtafeln geschnitten) ist entsprechend der normalen Fabrikationslänge solcher Rohre von $4^1/_2$ bis 5 m ca. 4 bis $4^3/_4$ m lang.

Mit Rücksicht auf die verhältnismäßig geringen Festigkeitseigenschaften, welche man an diese Art von Röhren stellt, bedarf es keiner besonders vorzüglichen Materialqualität, und es genügt, wenn letztere gut schweißbar ist. Dagegen ist es unbedingt notwendig, daß die Kanten oder Längsränder des Streifens genau zueinander parallel, glatt, sauber und ohne Bart oder Ausfranzungen sind.

Die Bestimmung der Längen-, Breite- und Stärkemaße des Rohrstreifens ist (um von vornherein der weitverbreiteten Irrmeinung entgegenzutreten, nach welcher die aufgewickelte Rohrfläche gleich der Blechoberfläche sein soll) oft recht schwierig, auf jedem Werk fast anders, und meist das Erfahrungsgeheimnis des Werkleiters und einiger Meister.

Vor allem sei bemerkt, daß ein und dasselbe Rohr (das heißt ein Rohr von bestimmter Stärke, Durchmesser und Länge) aus ganz verschieden starken, verschieden dicken und verschieden langen Rohrstreifen hergestellt werden kann, und der praktische Betrieb verlangt dies sogar zuweilen, da es vorkommen kann, daß Rohre, für welche die best geeignetsten Blechdimensionen gerade nicht auf Lager sind, ohne erheblich größern Abfall, und ohne daß die vorgeschriebenen Abmessungen des Endfabrikates darunter leiden dürfen, aus zu dicken, zu kurzen oder zu breiten Streifen hergestellt werden müssen. Sind für die gewünschten Rohre nach Anweisung des Werksleiters die bestimmten Blechdimensionen vom Streifenlager ausgewählt und auf ihre Reinheit und Gleichmäßigkeit geprüft, dann erfolgt zuerst das Anschweißen des Rundstabes an das eine Ende des flachen Rohrbleches.

Zu diesem Zwecke wird das letztere auf einem gewöhnlichen Schmiedeherd, etwa 100—150 mm weit, schweißwarm gemacht, was im Hinblick darauf, daß es sich um meistenteils kleine Rohrdurchmesser (höchstens 50—60 mm), also auch schmale und dünne Blechenden handelt, sehr wenig Zeit erfordert. Das erhitzte Blechende wird alsdann, je nach seiner Breite, auf eine der verschiedenen Muldenrinnen eines Ambosses gelegt und ein ebenfalls glühend gemachtes Rundeisenende, dessen Durchmesser etwa $1/3$ schwächer ist als der zu fabrizierende Rohrdurchmesser, derart damit verschweißt, daß die beiden Blechecken sich in Form eines Tütenkegels darum wickeln (siehe Abb. 3). Ist dies geschehen, d. h. aus dem Rundeisen und dem Blechstreifen ein innig verbundenes Ganze geworden, dann schiebt man den Blechstreifen oder Strips in seiner ganzen Länge in einen Schweißofen, so daß nur das kaltbleibende Stabende durch eine kleine Luke der Ofentür hinausragt. Von dem Ofen gibt Abb. 4 eine Darstellung. Direkt vor dem Ofen, in der Verlängerung des ca. 6—7 m langen Schweiß- oder Flammenkanals, ist eine ungefähr ebenso lange Ziehbank aufgestellt (wie es Abb. 5 illustriert), deren Zugkette während der Arbeitszeit fortwährend in Bewegung bleibt. Auf dem vordern, der Ofenfront zugekehrten Ziehbankende, der Ein- und Ausbringetür vis-à-vis, ist ein Rahmen aufgeschraubt, in dessen auswechselbarer Vertikalplatte durch eine kreisrunde Oeffnung hindurch ein trichterförmiges Fassonstück, Kuxe oder Koupse genannt, gesteckt wird. Dasselbe, meist aus Stahlguß hergestellt, hat heute fast überall eine der Abb. 6 mehr oder minder ähnliche Gestalt und den Zweck, das Zusammenbiegen des flachen Blechstreifens zu einem

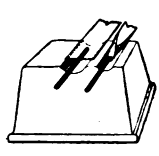


Abb. 3.

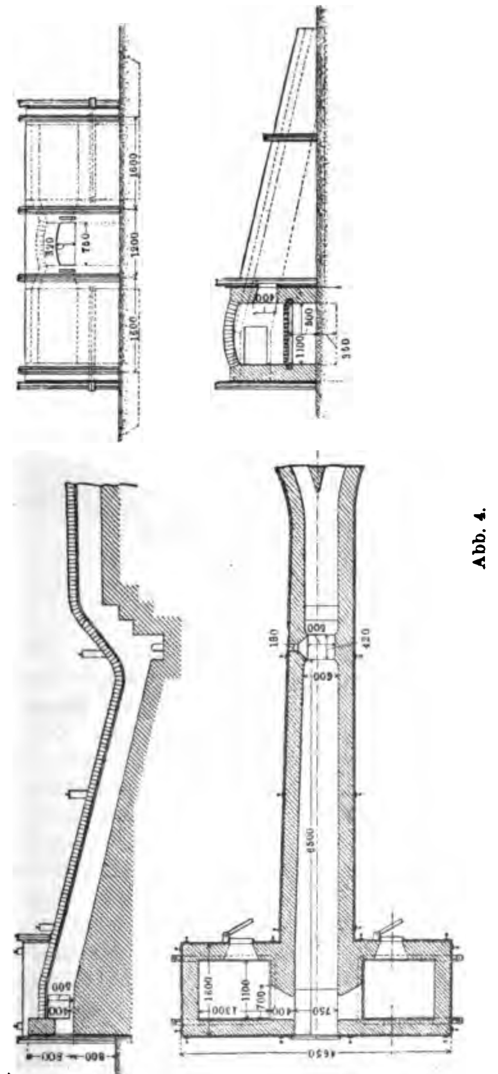
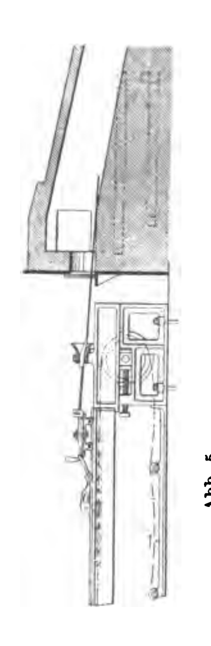


Abb. 4.

Bousse, Fabrikation nahtloser Stahlrohre. 2



röhrenförmigen Körper sowie die Verschweißung der dadurch einander nahegebrachten Blechlängskanten zu übernehmen. Neben dem Rohrschweißofen ist dieses kleine unscheinbare Gerät

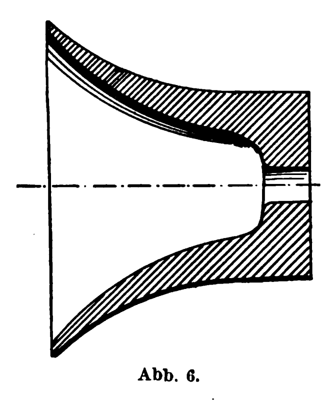
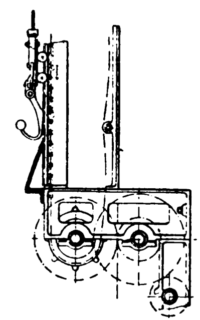


Abb. 5.

Abb. 6.



wohl der wichtigste Faktor in der ganzen Gasrohrfabrikation, da es mit seinem engsten Teil oder der Bohrung den Rohrdurchmesser und die Güte der Verschweißung bestimmt. Diese Kuxe, von denen jedes Rohrwerk stets viele hunderte in den verschiedensten Größen vorrätig halten muß, schiebt ein Arbeiter, noch bevor der Rohrstreifen im Schweißofen die richtige Weißglut erhalten hat, über das zur Ofentür herausragende kalte Rundstabende und legt sie in die auf dem Ziehbankkopfe befestigte, vertikale Halterplatte,

während ein zweiter Arbeiter einen kleinen Wagen an die Halterplatte heranführt, dessen Räderchen innerhalb oder auf den etwas erhöhten Rändern der Ziehkettenrinne laufen.

Auf dem Wägelchen ist eine Zange befestigt (siehe Abb. 5 und 77), in deren geöffnete Lippen das durch die Kuxe ragende Rund- oder Anschweißstabende eingelegt wird. Die beiden Arme der scherenartigen Zange sind am Ende hochgebogen, so daß ein Haken, welcher in eine ovale Oese

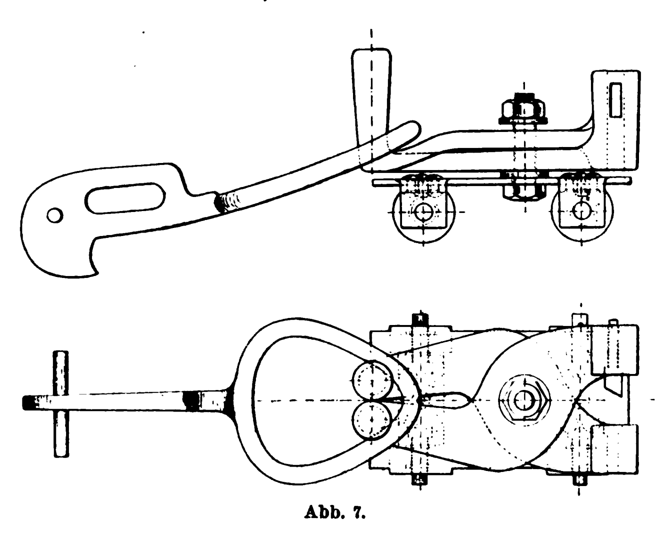


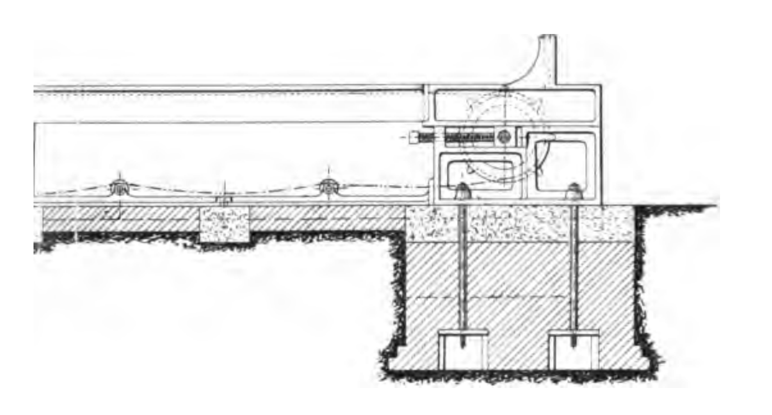
Abb. 7.

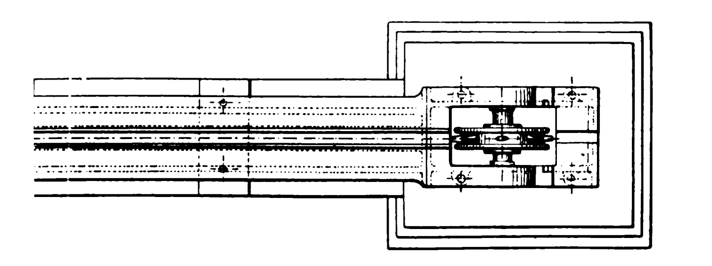
endigt, darüber gestülpt werden kann. In dem Moment nun, wo der erste Arbeiter durch kleine Schaulöcher der Ofentür oder durch leichtes Lüften derselben die richtige Schweißtemperatur des Blechstreifens an seiner Glühfarbe erkannt hat (was viel Erfahrung und Uebung erfordert), hakt der zweite Arbeiter den über die Zangenenden gestülpten Haken

in die Ziehbankkette ein und die sich schließenden Zangenlippen klemmen das kalte Stabende fest ein, dadurch verursachend, daß der an den Stab angeschweißte Blechstreifen der Bewegung des von dem Haken gezogenen Zangenwägelchens folgen muß — also die Kuxe passiert — und sich, dabei dessen Bohrungsgröße anpassend, zu einem Rohr faltet. Nachdem der flache Strips auf seiner ganzen Länge durch die Kuxe gezogen ist, mithin eine Hohlzylindergestalt angenommen hat, hebt der Wagenführer den Haken aus der Ziehkette aus, oder der Haken fährt au einem am hintern Ziehbankende angeschraubten keilartigen Klotz, wo er sich selbsttätig ausklinkt und der stehenbleibende Wagen bzw. die sich öffnende Zange das Rohr frei gibt.

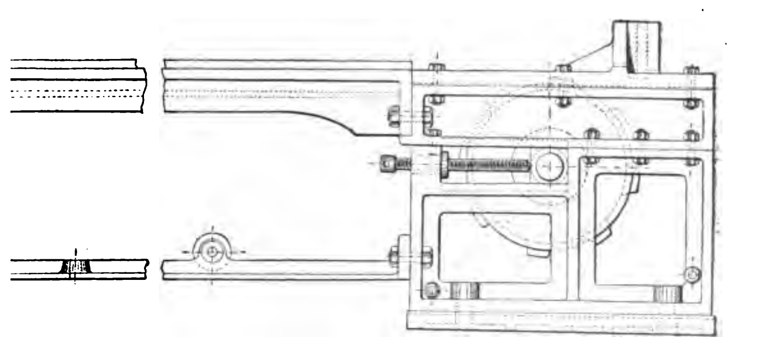
Letzteres ist jedoch noch keineswegs geschweißt sondern die Kanten des ursprünglichen Flacheisen streifens liegen nur dicht nebeneinander, bilden dem gemäß noch einen Längsschlitz, für dessen Schließung ein zweiter Zug durch einen etwas engern Kuxen trichter notwendig ist. Wollte man das Rohr i einer einzigen Zugoperation herstellen, was theoretisc nahe liegt, praktisch aber wohl nirgends geübt wird so würde der weißglühende, also sehr weiche Blech streifen meistenteils im Trichter zerreißen, weil di geringe Festigkeit des plastisch gewordenen Rohr materials den Widerstand, den es beim Durchzu durch die enge Kuxenbohrung fände, nicht überwinde könnte, die Ziehzange demnach mit dem Anschweiß stab und einem geringen Rohrstumpf weiter führ während der Rest des Rohrstreifens im Trichter fes säße und zu Betriebsstörungen Veranlassung gäb

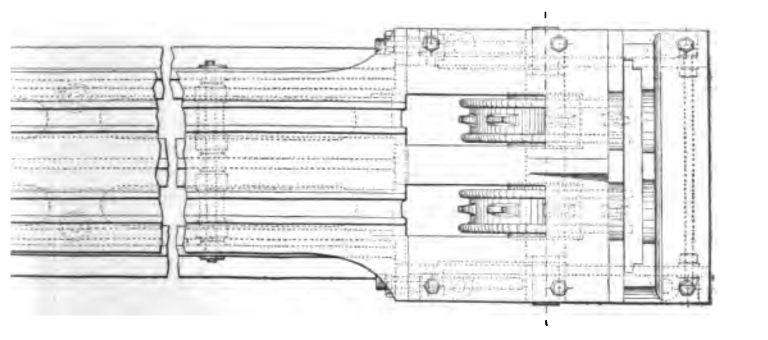
Zur Herbeiführung des mithin notwendigen zweite Zuges schiebt der Schweißer das auf den seitliche Rand der Ziehbank gewälzte Rohr in den Ofen zurüc und zwar nicht durch die frühere Austrittsöffnun der Ofentür, sondern durch eine zweite rechts davo











liegende Türluke; während gleich darauf, durch den ersten Türausschnitt, ein frischer Blechstreifen mit Anschweißstab in den Ofen eingelegt wird. Während des kurzen Zeitraums, wo das noch heiße, bereits einmal gezogene, also sehr rasch wieder schweißwarme Rohr aus der zweiten Türluke einen zweiten und eventuell sogar dritten Zug erhält, (jeder folgende Zug durch eine engere Kuxe) ist der durch die erste Türluke eingeschobene, kalt gewesene Rohrblechstreifen soweit erhitzt, daß er zum Rundungszug geeignet erscheint. Natürlich ist diese ununterbrochene, äußerst rationelle Arbeitsweise nur bei einer doppelten Ziehbank möglich, wo, wie dies die zweite Ziehbankform der Tafel I erkennen läßt, zwei Kettenstränge nebeneinander laufen und gut geschulte, sicher operierende, sowie durch Akkordlöhne an der Produktion interessierte Arbeitskräfte zur Verfügung stehen.

Das fertig geschweißte Rohr erhält alsdann noch einen letzten Zug auf einer besonders dafür gebauten Einkettenziehbank, die den Namen Kratzbank führt und dem Rohre ein schöneres, oft glasurartig spiegelndes und glattes Aussehen gibt, sowie gleichzeitig etwaige geringe Abweichungen vom verlangten Durchmesser genau justiziert. Dieser Kratzzug geschieht aber in Anbetracht des kälter gewordenen und nie über Rotglut aufweisenden Materials, wegen des größern Kraftaufwandes, mit bedeutend geringerer Geschwindigkeit als der Rundungs- und Schweißungszug und statt der trichterförmigen Kuxe sind exakt ausgeschliffene 25—40 mm dicke Hartgußringe bzw. viereckige Platten mit einer kreisrunden Kaliberbohrung in der auf dem Ziehbankkopfe angebrachten Haltervorrichtung befestigt.

Die so fabrizierten Rohre, welche unter der Benennung stumpf geschweißte oder gebogene Rohre in den Handel kommen, auch oft kurzweg Gasro[illegible]

genannt werden, werden außer zu Gasleitungen (im Hause) zu Heißwasserröhren, Preßröhren, Weichenzugröhren, Zier- und Möbelröhren verwandt und in der ganzen Welt immer nach dem inneren Rohrdurchmesser klassifiziert bzw. benannt. Sie können nur einem verhältnismäßig geringen Druck mit Sicherheit standhalten (ca. 10—15 Atm.), weil die zur Verschweißung gekommene Fläche, gemäß der geringen Blechstärke des ursprünglichen Streifens nur eine kleine ist und der zur Verschweißung aufgewendete Druck zum größten Teil seitlichen Materialverdrängungen zugute kommt.

Für Rohre, welche einem bedeutenden Druck standhalten und einen größern Sicherheitskoeffizienten gegen Aufreißen oder Platzen aufweisen sollten, mußte man daher die Methode modifizieren und dahin erweitern, daß beim Rundungszug die Blechkanten nicht mehr nebeneinander, sondern übereinander zu liegen kamen, und sich um das Doppelte bis Dreifache der Streifendicke überdeckten.

Es war dann mithin an der zu verschweißenden Flächenzone eine doppelte Materialstärke auf die nur halb so große Rohrwandstärke zu verquetschen (s. Abb. 8), sofern das Rohr nicht unrund ausfallen sollte, und dazu war ein viel zu bedeutender Arbeitsdruck erforderlich, als ihn die Ziehbank bzw. die Zieheisen in wenigen Zügen geben konnten. (Abgesehen davon, daß die Zieheisen in diesem Falle stets einen beträchtlichen Teil des zu verdrängenden Materials abgestreift hätten.) In der Praxis begegnete somit die Fabrikation überlappt geschweißter Rohre mit Hilfe der Ziehbank ganz erheblichen Schwierigkeiten, und man ließ sie um so lieber fallen als fast gleichzeitig mit Whitehouse, der die Zieh-

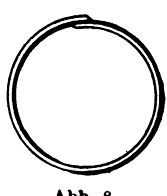


Abb. 8.

methode, wie schon erwähnt wurde, erfand, ein Landsmann von ihm, aus Wednesbury (bei Birmingham), namens James Russel, sich 1842 patentamtlich ein Verfahren schützen ließ, bei dem das 1798 ebenfalls von einem Engländer Henry Cort, ausgebildete Walzprinzip zur Anwendung kam. (England kannte bereits sehr früh, vom Jahre 1740 an, ein streng gehandhabtes Patent- und Erfindungsgesetz.) Zunächst wandte der Erfinder das Walzwerk allerdings nur an, um die nach dem allerprimitivsten Verfahren (nämlich durch Hämmern eines stückweise glühend gemachten Blechstreifens um einen massiven Eisendorn vom innern Durchmesser des gewünschten Rohres) hergestellten Rohre, welche infolge der Handarbeit an der Schweißstelle die deutlichen Spuren der Hammerschläge trugen, und daher sehr ungleich waren, äußerlich glatt zu machen. Durch Zufall stellte es sich dabei heraus, daß bei zweckmäßiger Kalibrierung der Walzen auch die eigentliche Schweißarbeit von diesen übernommen werden konnte und 1840 erhielt der Engländer Richard Prosser aus Birmingham weitere, das Verfahren wesentlich verbessernde, Patente darauf.

In Deutschland kam das erste Rohrwalzwerk im Jahre 1849 in Betrieb (doch dauerte es bis 1852, bevor wirklich brauchbare und konkurrenzfähige Rohre damit hergestellt wurden), während die Ziehmethode, welche ebenfalls von den Engländern, wie alle ihre epochemachenden Erfindungen der damaligen Zeit (z. B. die Leuchtgasfabrikation, welche leider bald in allen Kulturstaaten ein englisches Monopol wurde) sorgsamst geheim gehalten wurde, schon 1846 bei Albert Poensgen in Manel bei Gemünd in der Eifel zur Ausführung kam. (Die Firma A. Poensgen mit ihren Werken in Düsseldorf und Oberbilk ist noch heute eine der führenden auf dem Gebiete der Rohrfabrikation.)

Es würde zuweit führen, innerhalb dieser gedrängten Einleitungsübersicht die schrittweisen Verbesserungen zu verfolgen, die im Laufe der ersten 30 Jahre bezüglich des Rohrwalzens gemacht wurden, und die hier gegebenen Auslassungen müssen sich darauf beschränken ein Verfahren zu schildern wie es in modern angelegten europäischen Rohrwalzwerken üblich ist. (Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, daß Amerika in seinen mustergültigen Riesenanlagen oft abweichende Einrichtungen besitzt, welche mit enormem Kostenaufwand geschaffen worden sind und darauf hinauslaufen, in möglichst automatischer Weise und auf rationellstem Wege bestimmte Rohrsorten als Massenerzeugnis herzustellen. Die geringere Besoldung des Menschenmaterials als auch gewisse Forderungen der europäischen Konsumenten, lassen es ziemlich ausgeschlossen erscheinen, daß dieselben vorläufig bei uns rentabel und heimisch werden könnten.) Mit Rücksicht auf die erhöhten Festigkeitsanforderungen, welche man an die überlappt oder patentgeschweißten, bzw. gewalzten Rohre stellt, ist es notwendig, schon bei der Auswahl des Rohrstreifenmaterials wählerisch zu sein, und man begrüßte es daher in Fachkreisen recht freudig, als im Laufe der achtziger und neunziger Jahre die Hüttentechnik es zu Wege brachte, mit Hilfe ihrer vervollkommneten Stahlbereitungsprozesse ein weiches Flußeisen herzustellen, welches bei weit höheren Festigkeitsziffern als das bis dahin ausschließlich verwendete und für die Gasrohrfabrikation noch heute vielfach beibehaltene Puddelschweißeisen, noch gut und leicht schweißbar war.

Während die Eigentümlichkeiten der Ziehmethode es nur gestatteten, Rohre bis zu 4″ (im allgemeinen werden Gasrohre aber nur bis zu 2 und $2^1/_2$″ stumpfgeschweißt) zu fabrizieren, ist für die auf dem Wege der Walzung geschweißten Rohre kaum eine Durch-

messergrenze gesetzt, wenngleich praktische Rücksichten ein Durchmessermaximum von 12" gezeitigt haben. Die gewalzten bzw. patentgeschweißten Rohre werden stets zum Unterschiede von den gezogenen oder stumpfgeschweißten Röhren bei Bestellungen mit dem äußern Durchmesser benannt. Alle geschweißten Rohre pflegen, einem Gewohnheitsgebrauche gemäß, nach englischem Zoll (1" engl. = 25,4 mm) registriert, verkauft und angefertigt zu werden. Eine Ausnahme von dieser Regel macht in neuerer Zeit nur Frankreich. (Was insofern unangenehm ist, als dann bei Röhren verschiedener Herkunft die Gewinde und Verbindungsstücke nicht immer passen.)

Betrachten wir nunmehr den Werdegang eines gewalzten oder überlappt geschweißten Rohres, so ist vorerst zu bemerken, daß die dafür bestimmten Blechstreifen (bei den Dimensionen bis 2" gewöhnlich etwas dünner gewählt wie die Gasrohrstrips), ehe sie gerundet werden, eine Anarbeitung erhalten, welche darin besteht, daß die Längskanten abgeschrägt werden. Es geschieht dies, um in der Ueberlappungszone keine doppelte Fleisch- resp. Rohrwandstärke zu bekommen, dem Walzwerk also, welches sonst zur Verquetschung des großen Materialquantums an dieser Stelle mit sehr bedeutendem Arbeitsdruck und eventuell in zuviel Operationen wirken müßte, die Aufgabe der Verschweißung der Blechstreifenlängskanten zu erleichtern. Der Abschrägungswinkel für die Bleche beträgt normal 20—25 ^{0}.

In der Regel wird diese Vorbereitungsarbeit auf einer sogenannten Kantenhobelmaschine vorgenommen, welche in ihrer Bauart ganz der Gasrohrziehbank nachgebildet ist, nur mit dem Unterschiede, daß sie stets einkettig ist und am Kopfe, d. h. an einem Ende, einen Support trägt, in welchem zwei Hobel-

stahlmesser derartig eingespannt sind, daß ihre Schneiden sich in dem gewünschten Winkel kreuzen.

Der zu präparierende Blechstreifen wird an den beiden vordern Ecken mittels Hammerschlägen ein wenig abgestumpft und vor die Hobelmesser geführt. Sobald nun der Einwurfshaken eines Schleppzangenwagens (ähnlich wie bei der Gasrohrziehbank) in die Gallsche Gelenkkette niedergedrückt wird, wandert das in dem Schleppzangenwagen bzw. in einer kräftigen Schraubenzwinge desselben eingespannte Blech, unter die schrägen Schneiden der Messer gedrückt, über die etwas erhöhten Ränder der Kettenrinne und erleidet die gewollte Bearbeitung. Bei sehr dicken Blechen, wo die Fortnahme eines Spanes nicht genügend ist, muß der Blechstreifen zwei- und dreimal unter den Hobelmessern durchgezogen werden, oder es müssen mehrere Messerpaare hintereinander angeordnet sein, die verschiedene Schnittiefe haben, so daß das erste Messerpaar den obersten, das zweite, dahinterliegende, einen mittlern und das dritte den letzten Span nimmt. Außerdem ist sorgsamst darauf zu achten, daß die Blechränder vorher genau gerade gerichtet waren und keine Wülste oder Wellungen haben, da sonst die fest eingespannten Messer infolge der ungleichmäßigen, ruckweisen Beanspruchung sehr leicht ausbrechen. Aus demselben Grunde darf der einzelne Span nicht zu dick und die Kettengeschwindigkeit der Bank nicht zu hoch genommen werden.

In England und Amerika wird häufig statt des unstreitig etwas lästigen und zeitraubenden Kantenhobelns vermittels Messer ein Walzverfahren angewandt, um die benötigte Abschrägung der Blechlängskanten herbeizuführen.

In Abb. 9 ist das Schema einer solchen Maschine dargestellt, deren Arbeitsweise sich daraus

von selbst ergibt. So sehr indes diese Vereinfachung auf dem ersten Blick bestechen mag, so hat sie doch so vieles gegen sich, daß ihre Einführung für deutsche Röhrenwerke, die meist weniger auf Massenproduk-

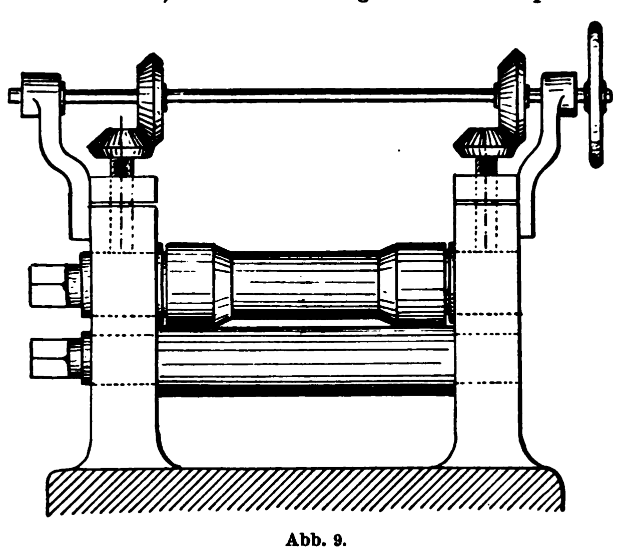


Abb. 9.

tionen als auf Qualitätsware arbeiten, wenig Entgegenkommen findet. Vor allem sind die durch Walzung abgeschrägten Blechkanten nicht so rein und für eine gute Schweißung förderlich wie die abgehobelten; dann aber auch ist das Material an den schräg gewalzten Kanten so sehr verdichtet und in seinem ursprünglichen Gefüge verändert, daß die Zuverlässigkeit der spätern Schweißnaht darunter leidet. Endlich kommt noch hinzu, daß beim Kantenhobeln das Material gewissermaßen einen Kontrollapparat passiert, in dem fehlerhafte Stellen, die nahe am Rand, aber unter der Oberfläche, also

nicht sichtbar, lagen, wie z. B. Blasen, Risse, Sprünge, Schlackenblumen (beim Schweißeisen) u. dgl. durch das Hobeln aufgedeckt werden, während sie beim Walzen erst recht verdeckt, jedoch nicht unschädlich gemacht werden und entweder erst bei der Prüfung des Endproduktes, also erst nach unnötiger und kostspieliger Weiterverarbeitung, als Ausschuß zu erkennen sind oder mit dem Fehler zum Verkauf gelangen und neben folgenschweren Unglücken eine Schädigung des Renommees der Firma herbeiführen können.

Die an den Längskanten, nach Abb. 10, abgeschrägten Bleche gelangen zunächst zum Einrollen oder Runden, einer Operation, die viel Aehnlichkeit mit dem bereits besprochenen Ziehen bei der Gasrohrfabrikation hat, nur daß diesmal das Anschweißen eines Anfaßstabes wegfällt und die Ziehtrichter eine etwas andre Gestalt haben. Auch geschieht das Runden und Schweißen des Rohres nicht unmittelbar hintereinander und in ein und demselben Ofen, sondern zeitlich und räumlich erheblich mehr getrennt. Abb. 11 zeigt den Horizontalschnitt eines Rundofens, wie er in mehreren bedeutenden Rohrwalzwerken vertreten ist. Die Feuerung liegt wie bei allen Rohröfen seitlich, aber nicht, wie beim Gasrohrofen, vorn an der Ausbringetür, sondern hinten (vorn ist nur ein Hilfsfeuer, welches dann mitwirkt, wenn sehr starke Bleche gerundet werden). Auf der der Feuerung entgegengesetzten Seite ist eine breite Arbeitsöffnung vorhanden, welche durch eine vertikale Schiebetür verschlossen werden kann. In dem hintern Teile des Flammenkanals, von dem Hauptherde des Ofens durch eine niedrige Feuerbrücke getrennt, werden

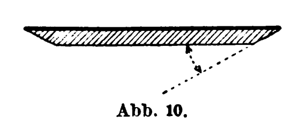


Abb. 10.

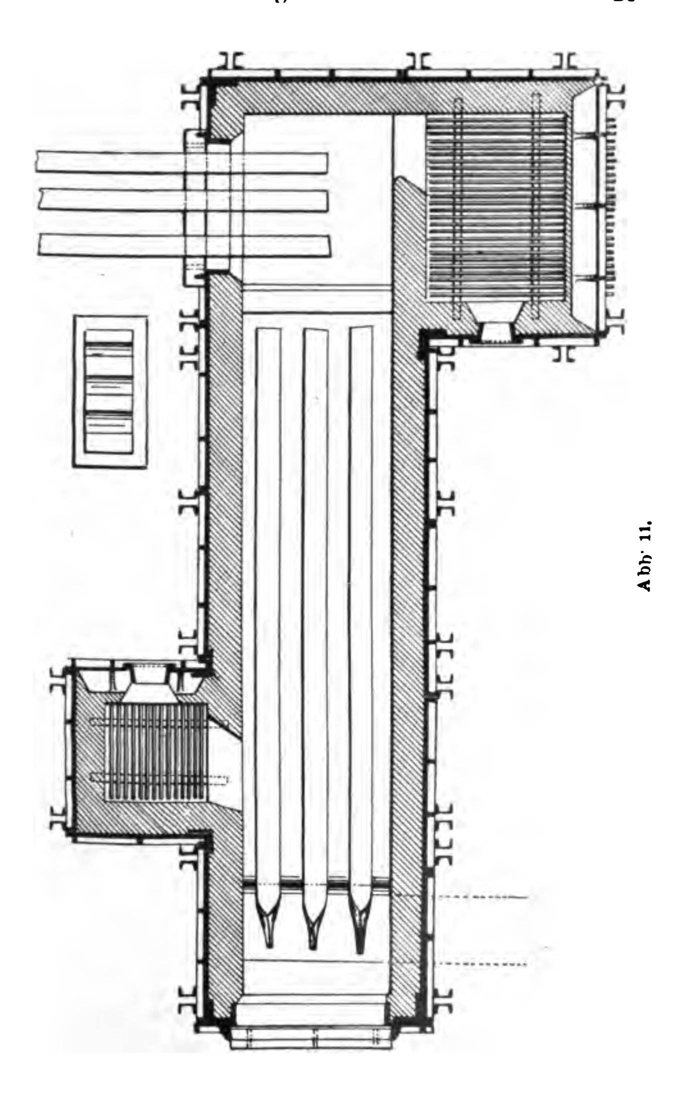


Abb. 11.

die vorerst nur an einem Ende zu erwärmenden Rohrblechstreifen quer zur Ofenachse eingelagert (wie in Abb. 11 dargestellt), um, nachdem sie dort rotglühend geworden sind, auf einem in der Nähe befindlichen Amboß mit halbkreisförmigen Rinnenvertiefungen mittels Handhammer tütenförmig zugespitzt zu werden. Die so an einem Ende präparierten Streifen gelangen hierauf durch die am vordern Ofenende gelegene Ein- und Ausbringetür in den Glühraum, um nun auf ihrer ganzen Fläche erhitzt zu werden.

Vor der Ofentür, mit der Mittellinie des Flammherdes in einer Flucht, befindet sich eine normale Einkettenziehbank, deren vorderes, dem Ofen zugewandtes Ende, ähnlich wie bei der Gasrohrziehbank, nur entsprechend kräftiger dimensioniert und mit kleinen Aenderungen versehen, einen aufgeschraubten Rahmen zum Einstecken und Tragen der Kaliberkuxe besitzt. (In einigen Werken sind die Kuxen, welche dann einen Fuß haben, auch auf der Ziehbankkopfplatte aufgeschraubt; in andern ist die Kuxe schwebend aufgehängt, jedoch so, daß sie während der Arbeitsleistung durch den Zug des hindurchgezogenen Bleches gegen eine Arretierung oder einen Vorsprung der Ziehbank stößt.)

Die Rundkuxe besitzt nicht, wie der Gasrohrziehtrichter, eine genau kreisrunde Kaliberbohrung, sondern hat, wie Abb. 12 zeigt, eine allmälich verlaufende Erweiterungsnut (Spirale von einem viertel Umgang), welche veranlaßt, daß die Blechränder des gerundeten Rohrstreifens sich nicht nebeneinander, sondern übereinander legen, ohne sich jedoch zu berühren. Große Kuxen, von 5″ Durchmesser (Bohrung) aufwärts, sind meist zweiteilig, aus einem zusammenschraubbaren Kopf- bzw. Kaliberstück und dem gewölbten Trichterstück bestehend, hergestellt. Sind die im Rundofen einge-

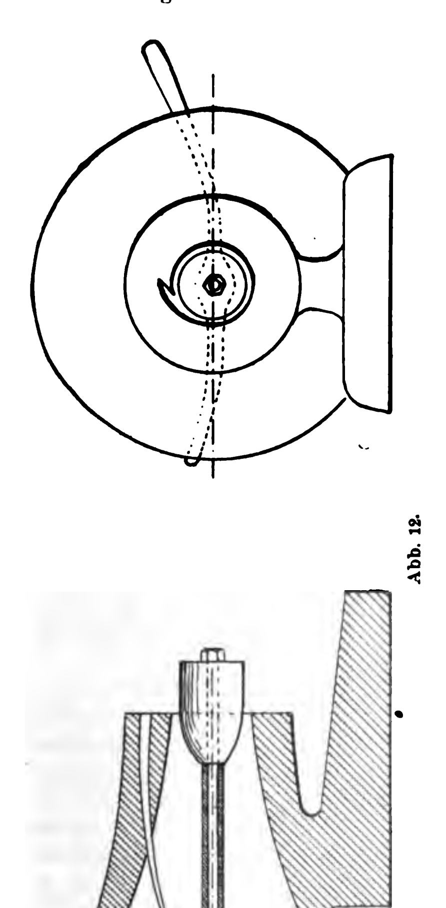


Abb. 12.

setzten Bleche auf die richtige Temperatur gekommen, dann erfaßt ein Arbeiter mittels einer langarmigen Zange das bekanntlich zugespitzte Blechstreifenende, zieht es durch die Kaliberöffnung der Kuxe und läßt nunmehr die Lippen einer Ziehbankschleppzange darin einbeißen, deren Eingriffshaken in die Gelenkkette niedergedrückt ist und somit den Blechstreifen nachziehend, ihn in der Kuxe zu einem ungefähr hochzylindrischen Körper formt.

Die Arbeit des Rundens fällt selten so exakt aus, daß die Werkstücke direkt dem Schweißofen übergeben werden können. Meistens sind die Blechränder wulstig verzogen, in Wellenlinien übergegangen und das ganze Schlitzrohr krumm geworden. Die dann notwendigen Korrekturarbeiten geschehen auf einem langen Richttisch, auf dessen horizontaler Platte der Rohrkörper niedergelegt und mit Holzhämmern behandelt wird. Einzelne Werke verwenden schon beim Runden einen Stopfen, der während des Durchganges des Streifens durch die Kuxe von einer Quertraverse in die Kuxenmündung gehalten wird und den Zweck hat, ein Durchhängen der Blechränder zu vermeiden.

Die fertig gerundeten Rohre werden alsdann in dem Schweißofen eingesetzt, dessen Konstruktion von allergrößter Wichtigkeit und schwerwiegendstem Einfluß auf die Rentabilität der Werksanlage ist. Einen Horizontalschnitt desselben mit drei Feuer zeigt Abb. 13. (Bei den Oefen für kleinere Rohrdimensionen genügen, gutes Brennmaterial und richtige Abmessungen vorausgesetzt, auch zwei nebeneinanderliegende Feuer. In neuerer Zeit findet man, besonders in den größern Rohrwerken, auch Generator- und Wassergasschweißöfen.)

Neben dem Schweißkanal, d. h. demjenigen Herdraum, in welchem die rundgebogenen Blechstreifen auf Schweißhitze gebracht werden, nur durch eine

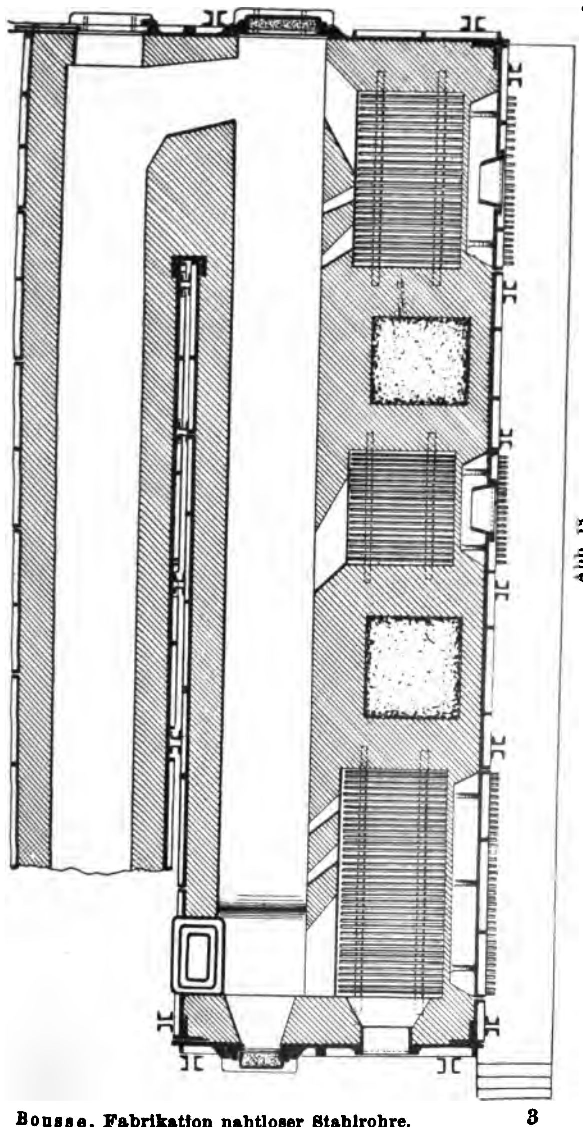


Abb. 15.

feuerfeste Steinwand von ihm getrennt, befindet sich ein Vorwärmekanal, worin die vorgerundeten Arbeitsstücke so lange verweilen, bis im Schweißkanal für eine neue Beschickung Platz geworden ist. Auf diese Weise brauchen die einzelnen Rohrbleche im eigentlichen Schweißraume nur sehr kurze Zeit zu verweilen, um genügende Weißglut zu erhalten, und der Betrieb kann ununterbrochen geführt werden, da meistens 2 bis 4 Rohre nebeneinander gleichzeitig eingesetzt sind und jedes fertig gewordene, d. h. nicht in den Ofen zurückkehrende, Rohr sofort durch ein aus dem Vorwärmer übernommenes Arbeitsstück ersetzt wird.

Bei der Wahl des Brennmaterials ist ebenso wie bei den stumpfgeschweißten (gezogenen Röhren) darauf zu achten, daß es langflammig, aschenarm und schwefelfrei ist. Geschürt darf nur selten werden, um zu verhindern, daß Flugasche und Ruß zwischen die noch unverschweißten, offenen Rohrblechränder gelangt, was eine gesunde Schweißung erschweren oder unmöglich machen würde.

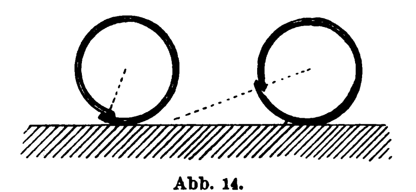


Abb. 14.

Die Wärmeentfaltung muß außerdem eine auf der ganzen Länge des Schweißkanals vollkommen gleichmäßige sein und der Heizer infolgedessen mit größter Aufmerksamkeit den Vorgängen des Betriebes Rechnung tragen.

Die vorgerundeten Rohre liegen so im Schweißkanal des Ofens, daß ihre Naht bzw. der Schlitz



Abb. 15

entweder den Herdboden berührt oder eine gedachte Verbindungslinie des Rohrzentrums mit der Naht in der Verlängerung die Herdsohle noch treffen würde (siehe Abb. 14). Auf keinen Fall darf die Naht direkt oben liegen, wo sie unmittelbar dem Anprall der Flammen preisgegeben wäre.

Bezüglich der Konstruktion des etwa 1 m von der Ausbringetür des Ofens entfernt postierten Walzwerkes ist zu bemerken, daß es in der Hauptsache aus einem kräftig gebauten, häufig offenen Ständergerüst besteht, in welchem ein Walzenpaar (eine Oberwalze, die verstellbar ist, und eine fixe Unterwalze), deren Umfang mit genau gleichen, übereinander liegenden, dem äußern Rohrdurchmesser angepaßten, halbkreisförmigen Rillenkalibern oder Holzkehlen versehen ist, rotiert. Das von den beiden aufeinander laufenden Walzen gebildete Rundkaliber (es ist kein genauer Kreis, sondern eine nach Erfahrungsresultaten gestaltete und daher geheim gehaltene Ellipsenform) liegt mit der Ofensohle in nahezu gleicher Höhe, so daß das Rohr vom Ofen aus direkt in die Walzöffnung hineingestoßen werden kann (Abb. 15.)

Der Antrieb der Walzen, welche ca. 500—600 mm Durchmesser haben, erfolgt mittels Vorgelege aus soliden Stahlgußzahnrädern und ist bei neuern Walzwerken stets für verschiedene Geschwindigkeiten einstellbar, weil dünne Rohre, die viel rascher abkühlen als dicke Rohrbleche, um ihre günstigste Schweißtemperatur nicht einzubüßen, schneller, d. h. mit größerer Umfangsgeschwindigkeit, gewalzt werden müssen als die schweren Rohrdimensionen.

Dicht hinter dem Walzwerk (vom Ofen aus gesehen) schließt sich an dasselbe, in gleicher Höhe mit dem Kaliber, eine ca. 6 m lange Bank an, die einerseits zur Auflage des durchgewalzten Rohres dient, anderseits an ihrem Ende ein Befestigungs-

schloß für eine starke, gleichlange Eisenstange trägt, die in einen Stopfen, vom innern Durchmesser des herzustellenden Rohres, mündet, der seinerseits genau in die Vertikalachse der beiden Kaliberhälften eingeführt ist, d. h. also an der Stelle, wo die beiden Laufkränze der beiden Walzen sich berühren.

Der Vorgang bei der Walzung eines Rohres ist demnach kurz folgender: Gleich neben der Arbeitstür des Schweißofens, zwischen diesem und dem Walzwerke, hat der Vorarbeiter seinen Stand, den er während des ganzen Walzvorganges nicht verläßt, weshalb seine dem Ofen zugewendete Seite, um von den heißen Ausstrahlungen des Ofens (in welchem eine Temperatur bis zu 1600 und 1700 Grad herrscht) nicht allzusehr belästigt zu werden, häufig mit einer Gesichtsdrahtmaske und eventuell auch durch lederne Arm- und Beinschürzen geschützt ist. Hat er sich durch mehrmalige Kontrolle davon überzeugt, daß das Werkstück im Ofen verarbeitungsreif ist (eine sehr schwierige und verantwortungsvolle Pflicht; denn bleiben die äußerst empfindlichen, weil ja verhältnismäßig dünnen Bleche nur um ein ganz Geringes zu lange im Ofen, dann sind sie verbrannt, oder so teigig, daß ihre vorschriftsmäßige Verarbeitung ausgeschlossen ist, während, wenn sie zu früh herausgenommen werden, die Schweißung zu wünschen übrig läßt), so gibt er den neben ihm postierten Zangenleuten ein Zeichen und im nächsten Augenblick haben dieselben, mittels einer langarmigen Doppelzange (s. Abb. 16) mit äußerster Schnelligkeit und großer Kraft, das vorher mit den „Lappen“ (die zu verschweißenden Blechränder) nach aufwärts gedrehte und auf die Ofentürschwelle gelegte Rohr aus dem Schweißkanal gezogen und zwischen die Walzkaliber über den Stopfen geschoben, dessen Stange der „Dornführer“ ebenso schnell in das Arretierschloß am Ende der Walzenbank (Walzentisch) eingefügt hat.

Die blitzartige Geschwindigkeit, mit der diese kombinierten Arbeitsmanöver exakt ausgeführt werden, wird nur noch übertroffen von der unmittelbar darauf folgenden Walzung; denn kaum, daß die schon vorher in Betrieb gekuppelten Walzen das Werkstück erfaßt haben, schleudern sie es mit lautem, kanonenschußähnlichem, viele Kilometer weit deutlich vernehmbaren Knall und Geknatter über die Dornstange, wobei ein feuerwerksartiger Funkenregen die nächste Umgebung überschüttet. Die Ursache dieser lebhaften, explosionsartigen Begleiterscheinungen ist darauf zurückzuführen, daß sich auf der Oberfläche der im Ofen lagernden Rohrbleche, infolge der sehr hohen Temperatur, sofort nach Austritt an die kalte Außenluft, dünne Zunderschichten von kleinblättriger Struktur bilden (bestehend entweder aus Eisenoxyd $= Fe_2\,O_3$ mit Eisenoxydul $= Fe\,O$, oder aus Eisenoxydul-oxyd $= Fe_3\,O_4$), welche bei dem gewaltsamen Passieren durch die Walzenöffnung teils aus der Schweißfuge kraftvoll ausgequetscht werden, teils an der übrigen Rohroberfläche von den Walzen abgerissen und vermöge der Schwungkraft umhergespritzt werden. Auch das zur Kühlung der Walzen dienende Rieselwasser verursacht, sobald es mit dem blendendweiß glühenden Rohr in Berührung kommt, ununterbrochene Explosionen.

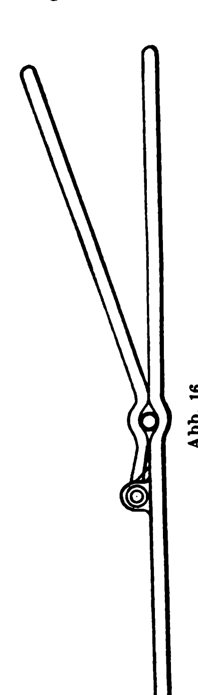


Abb. 16.

Das auf diese Weise entstandene Rohr besitzt jedoch, obwohl es bereits geschlossen, also geschweißt ist, weder die richtigen Abmessungen noch die genügende Festigkeit in der Schweißnaht. Es muß daher noch einmal in den Ofen zurück, und zwar wird es, nachdem die Dornstange aus dem Rohr herausgezogen ist, auf einem Dreh- oder Wendebolzen (in der Mitte der Walzenbank) umgewendet, so daß beim Zurückschieben in den Ofen (am besten auf einem eisernen Schwebehaken, der an einem Deckenträger fahrbar aufgehängt ist), an dem Walzwerk vorbei, das frühere Endstück des Rohrkörpers jetzt Anfangsstück wird und zuerst ins Feuer kommt. Die bald darauf stattfindende zweite Walzung verläuft ganz wie die erste, nur, daß die Schweißnaht diesmal nicht nach oben zu liegen kommt, sondern um 60 ^{0} gedreht, seitlich liegt. Es geschieht dies, um Ungleichmäßigkeiten in der Wandstärke zu vermeiden. Auch wird ein etwas stärkerer Stopfen angewendet, damit der Walzdruck nicht zu gering ausfällt. Für hervorragend gute und in der Schweißung besonders zuverlässige Rohre ist noch eine dritte und selbst vierte Walzung notwendig, wobei jedesmal die Schweißnaht um etwa 60 ^{0} versetzt wird.

Statt die Rohre in mehrern getrennten Walzoperationen fertig zu arbeiten, ist auch häufig versucht worden, den Arbeitsprozeß dadurch zu vereinfachen, daß man mehrere Walzwerke hintereinander legte, deren Walzen entweder alle horizontal oder paarweise horizontal und vertikal gelagert waren. Indes so annehmbar eine derartige Anordnung auf den ersten Blick auch scheinen mag, in Wirklichkeit hat sich keines dieser Systeme allgemein eingebürgert oder besondere Wertschätzung gefunden; denn es ergab sich dabei, daß die Rohre beim Eintritt in das zweite und dritte Walzenpaar durch die Be-

rührung und Leistung des ersten Walzenpaares ihre günstige Schweißtemperatur eingebüßt hatten. Auch bereitete es Schwierigkeit, die verschiedenen Walzenkaliber, welche zu gleicher Zeit auf das Werkstück einwirkten, so zu dimensionieren, daß die Umfangsgeschwindigkeit und Materialbearbeitung an den verschiedenen Arbeitsstellen der getrennten Walzenpaare miteinander übereinstimmten. Bezüglich der Anwendung elektrischer Kraft für den Antrieb der Rohrwalzwerke und Rohrziehbänke ist bisher noch keine Einigung erzielt worden. Die meisten Werke verhalten sich in dieser Beziehung sehr reserviert und betrachten die vereinzelt laut gewordenen Meldungen über günstige Erfolge elektrisch betriebener Rohrerzeugungsmaschinen sehr skeptisch. Indes ist mit Sicherheit zu erwarten, daß bei der großen Anpassungsfähigkeit, welche gerade die führenden deutschen Dynamo- und Elektromotorfabrikanten ihren Maschinen zu geben wissen, und bei der wachsenden Ausbreitung, welche diese Triebmittel im Laufe der letzten fünf Jahre gefunden haben, in Zukunft auch hierin Wandel geschaffen wird.

Zurzeit ist nur ein deutsches Rohrwerk auf der Basis des elektrischen Antriebes vorhanden, während zwei andre nur für die Rohr- und Blechbearbeitungsmaschinen zur Anwendung von elektromotorischen Einzelantrieb übergegangen sind. Dahingegen sind bereits sehr viele größere Rohrwerke mit Apparaten ausgestattet, die mechanische Beladungs- und Ausstoßvorrichtungen für schwerere Rohre dem Schweißofen angegliedert haben.

Auch die überlappt geschweißten Rohre werden nach ihrer Fertigwalzung noch einem Kratzzug, analog den stumpfgeschweißten Gasrohren, unterworfen.

Obwohl, wie schon erwähnt, der Fabrikation gewalzter Rohre weniger enge Dimensionsgrenzen

gezogen sind, als der Herstellung gezogener Schweißnahtrohre, pflegt die Praxis doch ihre Erzeugung bei ca. 300 bis 350 mm Durchmesser einzustellen, weil einmal die Walzwerke zu schwer ausfallen würden, wenn sie den für eine sichere Verschweißung notwendigen Druck ausüben sollten, dann aber auch der Kraftbedarf erheblich wachsen müßte, um die dickeren Wandstärken ordnungsgemäß zu vereinigen, und die Manipulationen mit dem Werkstücke kostspielige Spezialeinrichtungen erfordern.

Abgesehen aber auch davon gesellt sich zu der Schwierigkeit, welche in der gleichmäßigen Erhitzung des ganzen Rohrkörpers gegeben ist, noch der ökonomische Nachteil, daß in den mächtigen Oefen immer nur ein, höchstens zwei Rohre gleichzeitig liegen können. Die teure sowie zeitraubende Erwärmung des ganzen Werkstückes auf helle Weißglut, welche bei Rohren von geringer Wandstärke und kleinerm Durchmesser mit in Kauf zu nehmen war, wächst hier zu einem erheblichen Kalkulationsfaktor an, der unter Berücksichtigung, daß doch nur die zu verschweißenden Blechrandpartien so hoch erhitzt sein brauchen, nicht mehr als ein geringfügiges Zwangsübel betrachtet werden kann.

Aus allen diesen Gründen zieht man es vor, größere Rohrweiten, wie sie für Dampfkesselflammrohre, Schiffsmasten, Ladebäume, Bootsdavits, Raaen, Torpedolancierrohre, Gasbehälter, Schachtringe usw. erforderlich sind, in der Weise herzustellen, daß man die auf besonderen Blechbiegemaschinen, in kaltem oder mäßig glühendem Zustande zu einem Schlitzrohre vorgerundeten Bleche, so verschweißt, daß ihre Naht fortschreitend, sei es durch Handhämmer oder von mechanisch betätigten Druck- und Schlagwerkzeugen bearbeitet wird, wobei natürlich die unter den Hammer oder Preßklotz bzw. vor die Preßrolle ankommende Schlitzöffnung einem Wärme-

apparat ausgesetzt war, der die entsprechende Stelle schweißwarm machte.

Für letztern Zweck stehen der modernen Technik verschiedene Wege offen.

Die älteste und auch heute noch nicht ganz verlassene Methode, die partielle Erwärmung der Blechkanten herbeizuführen, bedient man sich des offenen Koksfeuers, welches entweder feststehend oder beweglich angeordnet sein kann. Im letzteren Falle kann es zum Heben und Senken oder zum Verschieben bzw. Ausfahren eingerichtet sein. In Abb. 17 ist das

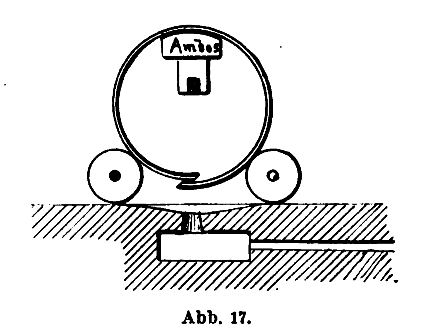


Abb. 17.

Arbeitsschema einer Anlage zur Darstellung gebracht, bei welcher der mit sich überlappenden Rändern vorgebogene Rohrzylinder auf zwei niedrigen Tragrollenwellen aufgelagert ist, zwischen denen ein in Hüttenflurhöhe angebrachtes Koksschweißfeuer die zu vereinigende Rohrnaht von unten erhitzt. Ist die betreffende Stelle genügend heiß geworden, dann wird der Rohrkörper um 180° um seine eigene Achse gedreht, so daß die schweißwarme Materialpartie (in einer Ausdehnung von 120—200 mm) auf einen innerhalb des Rohres angebrachten Amboß zu liegen kommt, und von Schmiedehämmern bearbeitet werden kann.

Diese Arbeitsart hat jedoch den Nachteil, daß die hocherhitzte Schweißstelle, durch den Ueberschuß der Heizquelle an atmosphärischen Sauerstoff, leicht oxydiert und sich mit einer Schlackenschicht überzieht, welche den Ausfall bzw. die Festigkeit der Verschweißung gefährden kann. Außerdem bedingt sie einen außerordentlich reinen Koks, der vor allem nicht durch Entwicklung schwefelhaltiger Gase belastet sein darf, da diese niemals eine gute Schweißung gestatten. Ein dritter wenig angenehmer Punkt der Koksschweißmethode für die Fabrikation großer und dickwandiger Blechzylinder ist endlich noch der, daß die Erhitzung der Bearbeitungsstelle nur von einer Seite durchführbar ist, d. h. die innere Partie der spätern Schweißnaht empfängt bedeutend weniger Wärme als die äußere, direkt den Heizgasen oder der Flamme ausgesetzte.

Alle diese Mängel sind vollkommen behoben in der Wassergasschweißmethode, welche sich eines gasförmigen Heizmittels bedient, das bekanntlich dadurch entsteht, daß man Wasserdampf über glühende Kohlen leitet, wobei sich je nach dem gewählten Verfahren ein mehr oder minder kohlenoxydreiches Wasserstoffgemisch von hohem kalorischen Heizwert bildet, welches in seiner Darstellung nach dem bisher verbreitetsten System von Dellwick Fleischer etwa folgende Zusammensetzung hat:

H_2 . . . . 49 %
CO . . . . 39 %
CO_2 . . . . 5 %
CH_4 . . . . 0,7 %
N . . . . 6,3 %.

Leider erfordern diese Anlagen vorläufig noch teure und umfangreiche Hilfsanlagen, wie Generatoren, Sammelbehälter, Reinigungskammern usw., so daß ihre Anwendung nur für große Betriebe bedingungs-

los zu empfehlen ist. In der Ausführung der Nahtschweißung mit Wassergas unterscheidet man drei Arten; solche Schweißungen, bei denen die Naht durch stumpf gegeneinander stoßende Blechrandflächen gebildet wird (nur für beschränkte Zwecke geeignet), solche, bei denen sich die zu verschweißenden Flächen überdecken (überlappte Verschweißung, bis zu etwa 20 mm Blechstärke gut durchführbar und sehr beliebt) und solche, bei denen die zu vereinigenden Blechränder einen Spalt frei lassen, in den ein starker Draht, Rundstab oder Eisenstreifen passenden Profiles eingeschweißt wird. (Bei dieser Methode ist die Blechstärke keiner praktisch in Betracht kommenden Beschränkung unterworfen, sofern nur genügend kräftige Bearbeitungsmittel, wie z. B. Dampf- oder Lufthämmer resp. hydraulische Presse, vorhanden sind.)

Dadurch, daß man die Mischung von Wassergas und atmosphärischer Luft im Brenner ganz nach Belieben regeln und einstellen kann, also während der Erhitzungsperiode der Schweißstelle Wassergas im Ueberschusse ausströmen lassen kann, ist eine Oxydation des Bleches trotz der hohen Schweißtemperatur zurückgehalten; ja die auf dem kalten Bleche vorhanden gewesene Schlacken- oder Oxydschicht wird sogar durch die reduzierend wirkende (Gas im Ueberschuß führende) Flamme beseitigt, und es kommen infolgedessen ganz reine Eisenflächen bei der Schweißung zur Vereinigung.

Aus diesem Grunde, und weil die Erwärmung der Schweißstelle von beiden Seiten vorgenommen werden kann, d. h. ein Brenner kann von außen und einer von innen gegen die Schweißstelle blasen (eine solche Anordnung s. Abb. 18), sind die mit Wassergas geschweißten Rohre und Behälter weit zuverlässiger gearbeitet, als die über dem Koksfeuer erzeugten, und man kann die Festigkeit einer solchen

Schweißnaht ruhig mit 90—100 % in Rechnung stellen. Im allgemeinen eignet sich jedes überhaupt schweißbare Material gut zur Wassergasschweißung und man zieht heute, wo man gelernt hat, Flußeisen sachgemäß zu verarbeiten, sogar Siemens-Martinstahl oder Thomaseisen dem früher allein verwendeten teuren Schweiß- oder Puddeleisen vor. Die einzige Beschränkung hierbei bietet lediglich der Kohlenstoffgehalt oder die Härten, (Schwefel, Phosphor und Mangan selbstredend nicht über die allgemein zulässigen Grenzen vorhanden gedacht), und greift man deshalb in der Praxis nicht gern zu einem

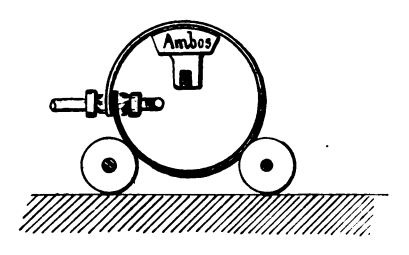


Abb. 18.

Material von mehr als 45 kg pro qcm Festigkeit. Die Kosten einer 1 m langen mit Wassergas geschweißten Rohrnaht von 10 mm Blechstärke belaufen sich in einem modern eingerichteten Betriebe auf ca. 0,60 M. gegen 3—4 M. bei der Koksschweißerei, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, daß die Leistungsfähigkeit einer mechanischen Wassergasschweißstraße 12—15 mal größer ist.*) Die Anordnung der Brenner kann, außer wie in

*) Näheres über Einrichtungen, Kosten und Leistungen der Wassergasrohrschweißung enthält ein Artikel in der Zeitschrift „Stahl und Eisen" Jg. 1907, Nr. 33, S. 1181 bis 1187.

Abb. 18, wo das Werkstück nach jedesmaliger Erhitzung um 90⁰ gedreht werden muß, auch so getroffen werden, daß die Naht stets oben liegt, ein Brenner also von unten nach oben, und der äußere von oben nach unten bläst, während das Werkstück sich horizontal vorwärts schiebt und die erhitzte Stelle sofort hinter den Brennern ein Hammerwerk, Preßrollen oder dgl. Druckmittel passiert. In Deutschland wird diese Art der Rohrschweißung in großem Maßstabe hauptsächlich von den Firmen Schulz-Knaudt in Essen a. Ruhr und W. Fitzner in Laurahütte bei Gleiwitz (Ober-Schl.) vertreten, und letztre Firma, deren Fabrikate Weltruf genießen, hatte unter anderm auf der Kolumbischen Weltausstellung in Chicago ein $65^1/_2$ Fuß langes, 31 Zoll weites und $^5/_{16}$ Zoll starkes Dampfrohr ausgestellt, welches ca. 3500 kg wog und die Bewunderung aller Fachleute herausforderte.

In Oesterreich ist es hauptsächlich die Witkowitzer Bergbau- und Eisenhüttengewerkschaft, welche seit vielen Jahren das Schweißen großer Rohr- und Hohlkörper mit Wassergas betreibt.

Eine dritte Methode, die Naht großer Rohre und Blechhohlkörper zu verschweißen, welche speziell in ihrem Geburtslande Amerika und in England viele Gönner und Interessenten gefunden hat, ist die elektrische Schweißung. Es kann hier leider nicht auf die theoretische Begründung und Erklärung dieser jedenfalls nicht ganz einfachen Verfahren eingegangen werden, aber eine ganz kurze Uebersicht der bedeutendsten Arbeitsprinzipien sei dennoch im folgenden gegeben, schon weil die Bemühungen, den elektrischen Strom zu Schweiß- und Schmelzzwecken zu verwenden, auch in Deutschland einer großen Entwicklung entgegenzustreben scheinen.

Man unterscheidet hauptsächlich drei Arten der elektrischen Schweißung. Der erste, der in dieser

Sache erfolgreich vorging, war der bekannte amerikanische Erfinder Ingenieur und Professor Elihu Thomson, der die beiden zusammenzuschweißenden Blechränder stumpf gegeneinander fügte und dann einen elektrischen Strom von hoher Stärke hindurch schickte, wodurch die beiden Metallteile infolge ihres elektrischen Widerstandes an der Berührungsstelle bis auf Schweißhitze erwärmt wurden. Durch Zusammenpressen der weißglühenden Flächenstücke und eventuelle Bearbeitung des sich dabei bildenden Materialwulstes mittels Hand- oder mechanischen Hammers, wird die Schweißung erzielt. Es ist leicht einzusehen, daß schon mäßige Blechstärken eine erhebliche Stromstärke bei sehr niedriger Stromspannung beanspruchen (einmal weil die vom elektrischen Strom auf jede Wegeinheit der Strombahn erzeugte Strommenge proportional dem Leiterwiderstand auf dieser Strecke ist, dann aber auch, weil der Leiterwiderstand mit der hochzusteigernden Erhitzung des Bleches zunimmt, weshalb z. B. auch ein Kupferrohr trotz seines niedrigern Schmelzpunktes noch eine weit höhere Stromstärke zum Schweißen bedarf als ein Eisenrohr, da bei jenem nicht nur der bedeutend geringere elektrische Widerstand, sondern auch die damit Hand in Hand gehende größere Wärmeleitungsfähigkeit der Temperaturerhöhung an der Schweißstelle entgegenwirken) weshalb die Verwendung von Gleichstrom sich hier wenig eignet und nur der Wechselstrom, dessen leichte Transformierungsfähigkeit den Forderungen besser entspricht, verwendet werden soll.

Während Thomson somit die direkte Erwärmung eines Leiters beim Durchgang des elektrischen Stromes benutzt, hat ein andrer Erfinder namens Bernardos (ein russischer Bergingenieur) den elektrischen Licht- oder Flammenbogen, welcher entsteht, wenn man einen beweglichen Pol, z. B. Kohle, bei

bestimmter Spannung in bestimmten Abstand über das Schweißstück, das den andern Pol bildet, hinwegführt, als Heizquelle herangezogen. Die zwischen 2000 ^{0} und 4000 ^{0} C betragende Temperatur des Flammenbogens schmilzt die Metallränder ungemein rasch, bei denkbar größter Lokalisierung des Vorganges und gestattet somit ein sehr schnelles Arbeiten. Sehr schwierig ist es jedoch, während des Schweißvorganges die richtige Stromregulierung zu treffen, und sind hierfür, selbst wenn man die von Bernardos vorgeschlagenen, besonders für diesen Zweck gebauten Zellenakkumulatoren mit großer wirksamer Oberfläche verwendet, welche wie ein großes Schwungrad wirken und die Ungleichmäßigkeiten ausgleichen, nur ausgesucht geschulte und gewissenhafte Arbeiter zuverlässig. Als sehr geeignet hat es sich auch erwiesen, obwohl die Ursache theoretisch noch nicht einwandfrei klargelegt ist, das Werkstück mit dem negativen Pol der Elektrizitätsquelle (und zwar kann hier Gleichstrom gewählt werden) zu verbinden, weil dadurch Oxydation und ein Verbrennen der Schweißstelle — welches sehr leicht eintritt, wenn die Entfernung zwischen dem beweglichen Pol (Kohlenstab) und dem Arbeitsstück zu klein wird (im umgekehrten Falle tritt Stromunterbrechung ein) — erschwert ist.

Die Schweißungen nach Bernardos sind gewöhnlich glashart, sehr schwer bearbeitungsfähig und ziemlich teuer.

Einen Kohlenhalter für Handschweißung nach diesem System stellt Abb. 19 dar, und hat man sich den Gebrauch so vorzustellen, daß derselbe und somit auch der Lichtbogen in kleinen Kreisen längs der Nahtstelle geführt wird. Die normale Stromstärke beim Bernardosverfahren beträgt etwa 300 Ampère bei 70—75 Volt Spannung, die einen Lichtbogen von 70—75 mm Länge erzeugen. Durch Spannungssteigerung mittels Vorschaltwiderstandes kann er

jedoch auf die doppelte Länge gebracht werden ohne zu verlöschen.

Verbesserungen und Abarten der Flammenbogenschweißung sind von Coffin, Slavianoff, Zerener und andern gemacht worden, die meistenteils darauf hinauslaufen, daß der Lichtbogen nicht mehr zwischen Werkstück und Kohlenstab, sondern zwischen zwei Kohlenstäben erzeugt und durch einen Elektromagnet ähnlich wie eine Stichflamme seitwärts geblasen und benutzt wird.

Eine dritte Art der elektrischen Schweißung, die ebenfalls für die Rohrfabrikation herangezogen worden ist, stammt von den belgischen Ingenieuren Lagrange

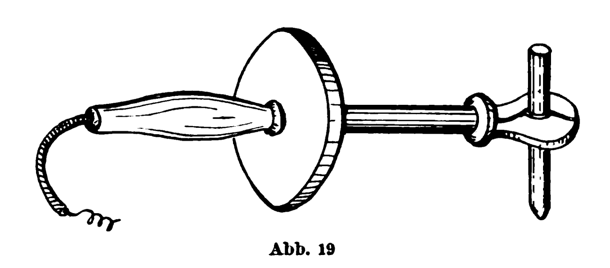


Abb. 19

und Hoho und hat als sogenanntes hydroelektrisches Verfahren, eine Zeitlang, schon wegen seiner überraschenden Wirksamkeit, viel von sich reden gemacht. Zum bessern Verständnis des etwas außergewöhnlichen, wenn auch einfachen Vorganges auf dem das Verfahren basiert, sei im nachstehenden eine kurze Allgemeinerklärung vorangeschickt.

Leitet man nämlich den elektrischen Strom durch eine Metallsalzlösung, so wird das Metall ausgefällt. Wasser wird ebenfalls in seine Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt, wobei der letztere die Rolle eines Metalls übernimmt, indem er sich wie dieses an der Kathode ausscheidet. Je höher die elektrische

Spannung ist um so lebhafter findet die Zersetzung und Wasserstoffabscheidung statt. Ja, man kann die Entwicklung sogar so stürmisch hervorrufen, daß er die ganze Kathode einhüllt, mithin dieselbe von der Flüssigkeit isoliert. Da aber der Wasserstoff, wie alle Gase, einen verhältnismäßig hohen elektrischen Widerstand besitzt, so entsteht beim Durchgang des Stromes durch die Wasserstoffschicht eine außerordentlich hohe Wärmeentwicklung, welche die Temperatur so schnell steigert, daß der Wasserstoff in Weißglut gerät. Es bildet sich also gleichsam ein glühender Wasserstoffofen, indem eine Temperatur von 2000—3000 ^{0} und selbst mehr herrschen kann und das Metall der Kathode selber sofort auf Rot- bzw. Weißglut gebracht wird.

Auf dieses Phänomen fußt das Lagrange und Hoho'sche Verfahren Metalle zu schweißen. Dem Verfasser war es bisher noch nicht möglich, die Ausführung des Verfahrens für Rohrschweißungen in der Praxis zu sehen, und glaubt er, daß dasselbe für diesen Zweck auch wenig Bedeutung gewinnen dürfte; denn selbst, wenn es in seiner Verwendung billiger sein sollte wie das Thomsonsche und Flammbogenschweißen, auch die sonst so oft unangenehme Rauch-, Lichtstrahlen- und Aschebelästigung, die das elektrische Schweißen an sich hat, behoben sind, Transformator, dicke Leitungskabel, hoher Stromverbrauch usw. wegfallen und eine an dem Verfahren vielfach besonders hochgeschätzte Eigenschaft, nämlich der selbsttätigen Reinigung und Reduzierung aller an der Schweißstelle vorhandenen Schmutz und Oxydkrusten zutage trete, würde doch das Manipulieren mit dem in einer verdünnten Potaschelösung zur Schweißung präparierte Arbeitsstück große Unzuträglichkeiten und Schwierigkeiten bereiten. Zur Illustrierung einer modernen Schweißvorrichtung nach dem Kontaktverfahren ist in Abb. 20 das Wesent-

lichste eines Apparates dargestellt, wie er von William Gorton in Cleveland ersonnen wurde. Der mit stumpfen Kanten zusammengebogene Blechzylinder wird von vier Rollen geführt, während die vertikal gelagerten Walzen das Rohr auf fast seinem ganzen Umfange umfassen und an der Schweißstelle zusammendrücken. Die beiden Kontaktrollen sind so

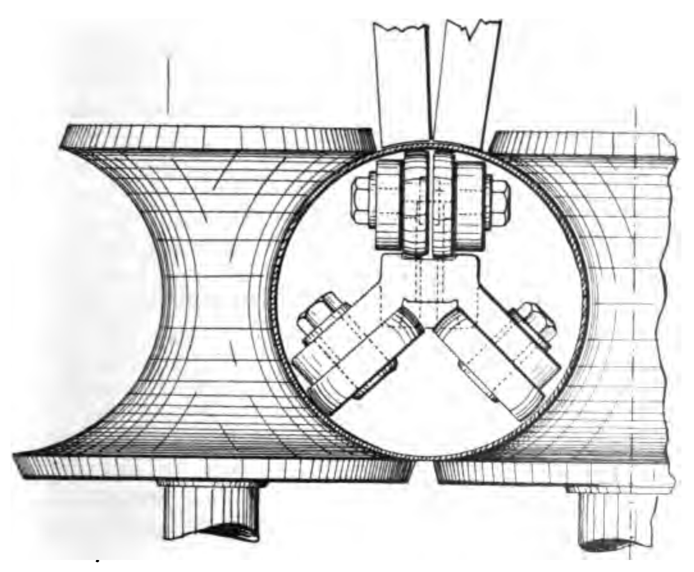


Abb. 20.

angeordnet, daß sie gleichzeitig an der Schweißstelle als Druckmittel dienen. Statt wie in diesem Falle den Rohrkörper wandern zu lassen, kann man auch die Einrichtung so treffen, daß die Kontaktrollen oder eventuell der Flammenbogen ihren Stand ändern und das Rohr exzentrisch an einen massiven an die Innenkante der Naht gepreßten Dorn anliegt.

Ueberlappte Schweißungen sind elektrisch natürlich nur sehr unvollkommen auszuführen, doch bietet das Einschweißen bzw. Einschmelzen eines starken Eisendrahtes oder Stabes bzw. einzelner Eisenstücke in einen offengelassenen Spalt keinerlei Schwierigkeit und wird sogar sehr häufig und gern ausgeführt.

Als letzte Gruppe der Rohrblechschweißerei, sei endlich noch der in allerjüngster Zeit zu einer raschen Entwicklung, großen Vollkommenheit und ausgedehnten Anwendung gekommenen autogenen oder hydrooxygenen Selbstschweißung bzw. Knallgasschweißung gedacht, sowie deren Schwesterkind der Azetylenschweißung.

Dieselbe wird ausgeführt mit Wasserstoff und Sauerstoff und autogen oder selbsterzeugend genannt, weil weder Flußmittel noch ein Lot für die Verschmelzung der zu verbindenden Metallränder erforderlich sind und außerdem im allgemeinen keinerlei Nacharbeit, sei es durch Hammerschläge oder Pressung, notwendig wird.

Die autogene Schweißung zerfällt nach Art der Gasverwendung in zwei Gruppen, nämlich in eine solche mit niedrig gespannten Gasen, die unmittelbar von einer elktrolytischen Anlage (Zersetzung des Wassers) bezogen werden, und einer solchen mit hochgespannten Gasen, welche in den bekannten Stahlflaschen versandt werden und überall erhältlich sind.

Die erstere Verwendung der beiden Gase, d. h. also ihre Selbstherstellung, ist abgesehen von den hohen Anlagekosten, Betriebs- und Unterhaltungslöhnen, schon deshalb nicht ratsam, weil das Schweißgasgemisch am vorteilhaftesten aus ca. 1 Liter Sauerstoff und 4 Liter Wasserstoff zu bestehen hat, und somit 2 bis 3 Volumteile Wasserstoff mehr verbraucht werden, als die Zersetzung des Wassers ergibt. Will man also nicht einen Teil des ge-

wonnenen Sauerstoffs unnütz in die Luft entweichen lassen, so muß man noch Wasserstoff hinzukaufen. Nun ist aber gerade in Deutschland, wo die unvergleichlich leistungsfähige und weitverzweigte chemische Großindustrie bedeutende Wasserstoffmengen als Nebenprodukt erzeugt, der Preis für denselben ein so außerordentlich niedriger, daß ihn die Bahnfracht oft schon übersteigt, es mithin bedeutend zweckmäßiger ist, seine Beschaffung von der Großindustrie zu besorgen. Dazu kommt noch, daß speziell dicke Rohrbleche, von über 5 mm Stärke, ohnedies eine Komprimierung der Gase wünschenswert machen.

Das zur Erzeugung der Heizflamme dienende Gasgemisch wird erst kurz vor der Verbrennungsstelle in besonders konstruierten Brennern (von den Drägerwerken, Schuckert, Fouché Oxhydric-Gesellschaft usw.) vereinigt, wobei die an den Stahlflaschen angebrachten Reduzierventile nicht nur den Zweck haben die auf 125 bzw. 150 Atm. verdichteten Gase im Bezugsbehälter auf einen gebrauchsfähigen Druck zu entspannen, sondern auch gleichzeitig durch ihre bestimmte Einstellung, welche an einem Manometer ablesbar ist, die für eine bestimmte Blechdicke zur Verschweißung am besten geeignetste Gasmenge und Geschwindigkeit anzeigen.

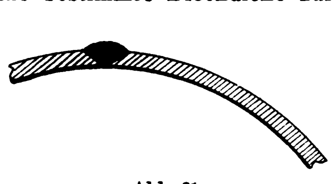


Abb. 21.

Da nun die Brenn- und Zündungsgeschwindigkeit für Wasserstoff und Sauerstoff im Verhältnis 2 : 1 etwa 2750 m pro Sekunde, also sehr hoch ist, so ist man gezwungen dieselbe herabzusetzen und verwendet deshalb doppelt soviel Wasserstoff auf dieselbe Sauerstoffmenge, wodurch außerdem der Vorteil geschaffen ist, daß die Flamme stark reduzierende

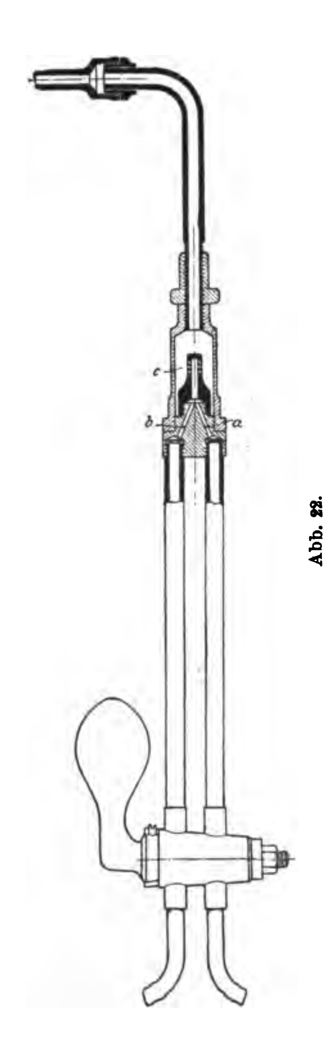


Abb. 22.

Eigenschaften annimmt, wenngleich sie dadurch um ein Geringes an Wärmeleistung einbüßt.

Die Verschweißung der Längsnaht eines Rohres wird bei Blechen von über 4 mm Stärke am besten so ausgeführt, daß die einander berührenden Blechkanten wie Abb. 21 zeigt, vorher schräggehobelt werden, weil dadurch die ganze Stärke zur wirksamern Verschweißung kommt, indem nämlich das durch Abschmelzen oder Einschmelzen eines entsprechenden Eisenstabes flüssige Metall die offene Dreiecksnute ausfüllt.

Eine Brennerkonstruktion der Drägerwerke in Lübeck zeigt Abb. 22, während Abb. 23 die Arbeitsweise der Schweißung illustriert.

In der nachstehenden Tabelle sind der Gasverbrauch und die Zeit angegeben, welche nötig sind, um 1 m Längsnaht an einem Rohr von bestimmter Blechstärke zu schweißen.

Für Blechdicke mm	Zeit in Minuten	Verbrauch in Litern an		Kosten in Mark
		Wasserstoff	Sauerstoff	
5	20—25	150—200	750—950	0,80*)
6	23—27	225—325	1200—1500	1,10
7	25—32	350—430	1850—2250	1,60
8	31—35	520—620	2550—3000	2,20
9	35—40	650—750	2700—3200	2,75
10	40—45	825—950	3000—4000	3,40

Wenngleich nicht geleugnet werden kann, daß die hydrooxygene Selbstschweißung die idealere von beiden ist, empfiehlt es sich doch dort, wo die Herstellung oder der Bezug des Wasserstoffs mit zu hohen Kosten verbunden ist, zu dem Schwesterverfahren, der autogenen Azetylen-Sauerstoffschweißung zu greifen, d. h. den Wasserstoff durch das heute überall erhältliche Azetylengas, welches aus Kalziumkarbid gewonnen wird, zu ersetzen. Der Azetylenerzeugungsapparat kann dabei beliebiger Konstruktion sein bzw. das Gas auch einer größern für Beleuchtungszwecke oder dgl. dienenden Zentralstation entnommen sein, vorausgesetzt nur, daß es in kalter Form entwickelt ist, weil heiß gewonnenes Azetylengas Polymerisationsprodukte bildet und die Verbrennung dieser nicht mehr in der gewünschten Weise zu Kohlenoxyd und Wasserstoff geschieht. Die erzeugte Flamme, in welcher die beiden Gase, Sauerstoff und Azetylen, in einem ganz bestimmten Mischungsverhältnis verbrennen müssen und deren Größe sich nach den zu verschweißenden Blechstärken richtet, entwickelt zirka 2500 Kalorien, reicht also vollkommen aus, die Eisen- oder Stahlteile im Treffpunkte zu verschmelzen. Ein Vorteil derselben gegenüber der hydrooxygenen

*) Die Kosten verstehen sich ohne Arbeitslohn usw. und bei aus nächster Nähe bezogenem Wasserstoff.

Flamme, welche farblos ist und daher geübte Arbeiter erfordert, ist ihr hellblau gefärbter, scharf umrandeter Leuchtkegel, der es oft sogar wünschenswert macht, mit einer blauen oder grauen Schutz-



Abb. 23.

brille zu arbeiten, obwohl die Lichtbelästigung lange nicht so intensiv ist wie bei der elektrischen Lichtbogenschweißung. Es würde zu weit führen, an dieser Stelle auf die Konstruktion der verschiedenen

Brennersysteme einzugehen, welche den Kernpunkt der ganzen Azetylenschweißerei ausmachen, und es sei lediglich darauf hingewiesen, daß solche Brenner mit tadelloser Funktionssicherheit in Deutschland von den Drägerwerken in Lübeck, von der Firma Keller & Knappich in Augsburg, der G. m. b. H. Autogene Schweißung in Berlin vertrieben werden. Die letztere Firma speziell liefert den in Abb. 24 dargestellten, sehr bewährten Fouché-Brenner.

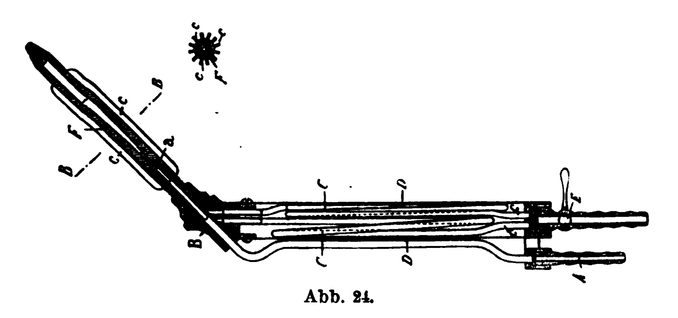


Abb. 24.

Zur Vergleichung der Leistungsfähigkeit und Kosten der Azetylen-Sauerstoffschweißung mit der Seite 55 zusammengestellten Wasserstoff-Sauerstoffschweißung sei die nachstehende Tabelle angeführt.

Für Blechstärke mm	Zeit in Minuten	Verbrauch		Kosten in Mark ohne Lohn usw.
		Sauerstoff	Azetylen	
5	15—20	100—150	80—95	0,50
6	18—22	125—175	100—120	0,70
7	20—25	160—225	125—150	0,95
8	20—30	200—320	175—220	1,20
9	25—35	275—350	225—270	1,50
10	30—40	300—450	275—325	1,90

Bei all den bisher erwähnten Rohrarten verli^ die Schweißnaht parallel zur Rohrachse, was

gut geschweißten Hohlzylindern, wo die Schweiße immer 90—100 %, zuweilen, infolge ihrer intensiven Bearbeitung sogar mehr Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Aufreißen aufweist als die übrige Rohrwandung, kaum als ein Mangel bezeichnet werden kann, aber mit Rücksicht auf vereinzelte üble Erfahrungen, die mit nachlässig erzeugten oder mit solchen Rohren gemacht wurden, deren Fehler bei der Revisionsprüfung entgangen waren, und in der Erwägung, daß die Wandung eines Rohres bei Einwirkung innerer Druckkräfte in der Richtung des Umfanges stärker beansprucht wird als in der Längsrichtung, versprach man sich sehr viel widerstandsfähigere Rohre dadurch zu schaffen, daß man die Rohrblechstreifen schraubenförmig gewunden mit ihren Kanten verschweißte, der Schweißnaht also die Form einer zylindrischen Spirallinie gab. Der Gedanke an und für sich war eigentlich nicht neu, als solche Rohre Ende der achtziger Jahre von sich reden machten, denn schon in den vierziger und fünfziger Jahren des verflossenen Jahrhunderts hatte man in Deutschland beispielsweise in Suhl (Thüringer Wald) und in Zella St. Blasii spiralförmig aufgewundene Bänder aus bestem Schweißeisen im Holzkohlenfeuer auf Schweißhitze gebracht und über einen Dorn mit sehr schnell schlagendem Schwanzhammer zu begehrten und vorzüglichen Flintenläufen verarbeitet. Doch diese Art der Fabrikation war mit der Vervollkommnung und Ausdehnung der gezogenen und gewalzten Längsnahtschweißrohre als unrentabel wieder aufgegeben worden und konnte erst von neuem die Beachtung auf sich lenken, als von Amerika aus Verbesserungen in der Ausführung dieser Methode bekannt wurden, welche eine erhebliche Vereinfachung des Verfahrens aufwiesen und bei fast automatischem Betriebsgange die Erzeugungskosten ganz wesentlich verminderten.

Der erste Erfinder einer solchen verbesserten Spiral-Rohrschweißmaschine dürfte wohl der Amerikaner Harvey Klapp Flagler in Boston gewesen sein, dessen vom 22. Juli 1877 datierendes deutsches Patent Nr. 50 die „Kombination eines Schweißofens und Schweißapparates mit einer Maschine zur Erzeugung von Metallröhren mit spiralförmiger Naht“ unter Schutz stellt. Eine Erweiterungskonstruktion derselben Maschine wurde ihm durch das D. R. P. Nr. 103 anerkannt. Fast gleichzeitig mit Flagler griff ein zweiter Amerikaner, Namens Root die Idee auf und baute nach jahrelangen Bemühungen eine Maschine, deren praktische Resultate indes nicht sehr befriedigten. Erst als eine größere amerikanische Gesellschaft The Spiral Weld tube Company in East Orange bei New York im Jahre 1886/87 die Verwertung des neuen Verfahrens in die Hand nahm und mit großen Geldmitteln unterstützte, gelang es allmälich der Schwierigkeiten Herr zu werden. Im Märzhefte 1888 der bekannten amerikanischen Zeitschrift „The Iron Age“ findet sich eine Abbildung und Beschreibung der Maschine (dieselbe ist auch besprochen in einem besondern Vortrage auf dem Meeting des American Institute of Mining Engineers in Boston am 21. Februar 1888), der folgendes über die Arbeitsweise derselben zu entnehmen ist: Das eine Ende des Blechstreifens wird auf einem Führungstisch aufgelegt, welcher je nach Breite des Streifens und dem Durchmesser des herzustellenden Rohres, in einen bestimmten Winkel eingestellt wird. Zwei Speisewalzen führen den Streifen in die Maschine, woselbst er zunächst die richtige Biegung erhält. Die Speisewalzen laufen nicht kontinuierlich, sondern zeitweise und rücken den Streifen bei jedem Vorwärtsschub um ca. 3—15 mm vor. Die übereinanderliegenden Längskanten des zum Teil gewundenen Streifens, welche miteinander

verschweißt werden sollen, werden in einem Ofen durch ein oder zwei Stichflammen, welche durch feuerfest ausgefütterte Oeffnungen von passender Form direkt auf die Schweißstelle einwirken, erwärmt. In dem Augenblicke, wo die vorschriftsmäßige Schweißtemperatur erreicht ist, passiert der Streifen einen leichten Schnellhammer, der ungefähr 150—175 Schläge in der Minute macht. Jedesmal, wenn der Hammer sich hebt, rückt der Streifen um einige Millimeter vor, bleibt dagegen stehen, sobald der Hammer außer Tätigkeit gesetzt ist. Als Unterlage für den Hammer dient ein entsprechend geformter Amboß, so daß die Anwendung eines Dornes wegfällt.

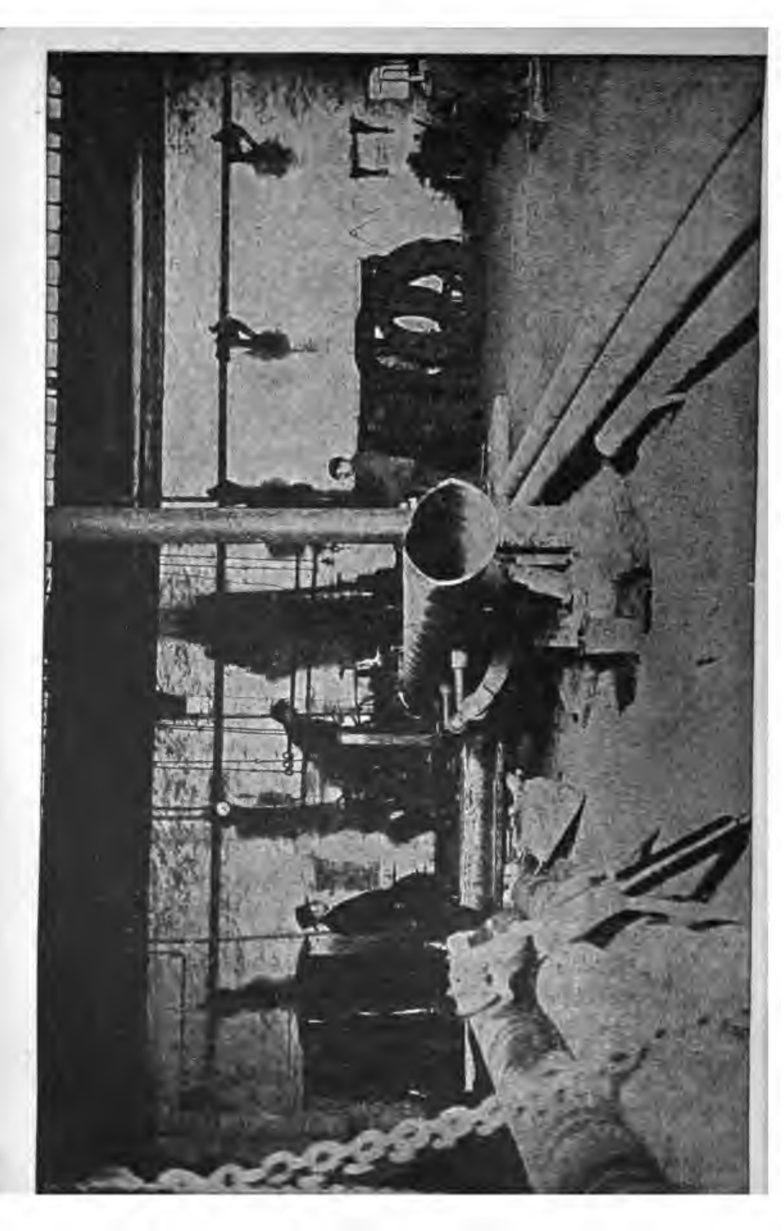
In Deutschland wurde eine ähnliche Art der Rohrerzeugung zuerst im Jahre 1892 von der Rheinischen Metallwaren- und Maschinenfabrik in Düsseldorf ausgeführt, nachdem der Hauptinhaber dieser Firma Geheimer Baurat Heinr. Ehrhardt, ein auch sonst in der Rohrfabrikation mit hervorragenden Verbesserungen und Erfindungen hervorgetretener Geist, den Oberingenieur und Betriebsleiter Green der vorgenannten Spiral Weld Tube Company in East Orange nach Europa geholt hatte und dieser mit dem deutschen Ingenieur Leybold eine Neukonstruktion der bekannten amerikanischen Maschine vorgenommen hatte, deren Ausführung die Maschinenfabrik Heinr. Ehrhardt in Zella übernahm.

Das Schweißen erfolgte anfangs bei dieser Anlage mit Leuchtgas, was jedoch zu vielen Unzuträglichkeiten Veranlassung gab, so daß im folgenden Jahre, als die Versuchsmaschinen in einem neugebauten Werke der Firma Ehrhardt & Heye in Rath Aufstellung fanden, Ofen und Brenner auf Wassergas eingerichtet wurden.

Ueber die Einrichtung und den Arbeitsgang dieser Maschine, von denen zurzeit drei Stück im Betriebe

sind, welche Rohre im Durchmesser von 157—622 mm Durchmesser herstellen, und von denen eine in Abb. 25 wiedergegeben ist, hielt Herr Geheimer Baurat Erhardt am 15. Juli 1894 in der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute einen Vortrag, dessen stenographischem Protokoll folgendes entlehnt sei:

Das Material, entweder Fluß- oder Schweißeisen (jedoch tunlichst nicht über 40 kg Festigkeit), wird in Streifen von der gewünschten Dicke und Breite, in Längen von 12—15 m bezogen und hinsichtlich seiner Dimensionen und geraden Richtung einer sorgfältigen Prüfung unterworfen. Alsdann werden zwei Bleche in die Querschweißmaschine, welche zwei kleine übereinanderliegende Wassergasöfen und einen maschinell betriebenen Hammer besitzt, fest eingespannt und (behufs Verschweißung der beiden scih berührenden Stoßenden) der Schlitten, auf welchem die Oefen und der Hammer montiert sind, mittels Riemenvorgeleges in Bewegung gesetzt. Dieses Zusammenschweißen der Blechstreifen wird ohne Rücksicht auf die herzustellenden Rohrlängen fortgesetzt, so daß unendliche Bänder entstehen, von denen man sich Längen je nach Bedarf abschneidet und in Rollen von $1\frac{1}{2}$—2 m Durchmesser bringt, die mittels einer Transportvorrichtung nach den einzelnen Spiralrohrschweißmaschinen befördert werden. Dort nehmen die Bedienungsmannschaften die Rollen in Empfang, bringen dieselben in den vor der Maschine stehenden Blechwagen und führen das eine Ende unter die Zuführungsrollen der Rohrschweißmaschine, welche im wesentlichen aus folgenden Teilen besteht: Einer Vorrichtung zum Einbringen der Bleche, einer Biegevorrichtung, einer Vorrichtung zum genauen Einhalten der Form des jeweilig zu erzeugenden Rohres, dem Ofen mit Antrieb, dem Hammer und der Reguliereinrichtung für die Erwärmung des Bleches.



Die Vorschiebvorrichtung für das Blech besteht aus vier Paar Schlepprollen, die mittels starker Federn angepreßt werden. Sämtliche Rollen sind untereinander durch Zahnräder verbunden, wodurch ein Gleiten der Rollen auf dem Blech bei normalem Antrieb ausgeschlossen ist. Kommen Störungen vor, so müssen diese Rollen gleiten, um den Bruch der einzelnen Teile zu verhüten.

Die Biegung erfolgt durch einen doppelarmigen Hebel, welcher an einem Ende durch eine Kurbel bewegt wird und am andern Ende die obere Matrize trägt, die dem Blech die verlangte Form gibt. Dies geschieht mit Hilfe einer an der Kurbel angebrachten Stellschraube. Die untere Matrize sitzt auf einem kleinen Amboß, auf welchem außerdem das Lager für die Hammerwelle montiert ist. Nachdem das Blech gebogen ist, passiert es noch eine Anzahl Führungsrollen, welche es vor die Schweißflamme führen. Diese bildet, wie leicht einzusehen ist, den wichtigsten Teil der ganzen Einrichtung; denn von ihrem richtigen Funktionieren und ihrer Leistungsfähigkeit hängt die Oekonomie und Brauchbarkeit der Anlage ab. Es ist Grundsatz, nur den Teil des Bleches auf Schweißhitze zu bringen, welcher geschweißt werden soll, also etwa eine Fläche von 50—60 mm auf jeder Seite des Bleches. Der übrig bleibende Metallstreifen muß möglichst kalt erhalten werden, weil nur auf diese Weise einer Deformation des Rohres vorgebeugt wird. Dieser kalt bleibende Teil behält nämlich die ihm gegebene richtige Rundung bei und zwingt auch das geschweißte Stück in der ursprünglichen Form zu bleiben.

Der Ofen ist deshalb, um Wärmeverluste zu vermeiden, möglichst klein angelegt und so eingerichtet, daß der obere und untere Streifen zugleich erhitzt werden können, während die Wärmequelle

für jeden der beiden Teile einzeln reguliert wird. Je nach Stärke des zu verschweißenden Bleches enthält der feuerfest ausgemauerte und in seinen Wandungen mit Wasser gekühlte Ofen zwei bis drei Brenner, die für Gas und Luft getrennte Leitungen haben, so daß die Vermischung erst unmittelbar vor der Schweiß- bzw. Verbrennungsstelle stattfindet. Der Hammer, dessen Schlagstärke und Geschwindigkeit den verschiedenen Blechdicken angepaßt werden kann, wird automatisch in Bewegung gesetzt und liefert infolge einer besondern Vorrichtung in der Antriebsstange einen elastischen Schlag.

Zur Regulierung der Temperatur dienen einerseits Regulierhähne im Gas- und Windzuführungsrohr, anderseits können die Schwankungen in der Erhitzung aber auch durch einen schnelleren oder langsameren Gang des Bleches ausgeglichen werden. Zu diesem Zwecke ist vorn an der Maschine ein Handrad angebracht, dessen Bewegung durch Zahnrad und Zahnstange auf eine Art Kulisse übertragen wird. Durch Verschiebung des in der Kulisse gleitenden Schiebers wird die Umdrehungsgeschwindigkeit eines Sperrades eingestellt, welche Bewegung wieder durch Universalgelenke auf die Führungsrollen übertragen wird. Die Wartung der Maschine bedingt auf Grund ihrer zahlreichen einander anzupassenden Einzelmechanismen eine ganz besondere Uebung, welche durch keine andre Arbeit vorgebildet werden kann. Der dieselbe bedienende Vorarbeiter muß aus dem kurzen Stück Blech, welches er zwischen Ofen und Biegevorrichtung sieht, mit größter Zuverlässigkeit die Temperatur im Ofen beurteilen können, mithin nicht nur ein guter Schmied, sondern auch ein tüchtiger Schlosser und gelernter Schweißer sein, denn von seiner Umsicht und seinem Scharfblick hängt es ab, wie die Ausbringung sich gestaltet.

Die Länge der zu fertigenden Rohre ist nur durch die Größe des Maschinenraumes und eventuell noch durch das Rohrgewicht begrenzt. Als Bedienungsmannschaft braucht eine 300—600 mm Spiralschweißmaschine (d. h. für Rohre von 12—25 ") 5 Mann und die Querschweißmaschine ebenfalls 4 bis 5 Mann. Die damit erzielte Leistung beträgt in 10 Stunden etwa 350—400 m Schweißnaht, was eine durchschnittliche Schweißgeschwindigkeit von $9^1/_2$—10 mm pro Sekunde ergibt.

Weitere Einrichtungen und Arbeitsvorschläge zur Erzeugung von spiralgeschweißten Rohren sind in Deutschland noch von Julius Wüstenhöfer (D. R. P. Nr. 51069, 53532, 58163 usw.), Carl Kratz und Julius Straßmann (D. R. P. Nr. 63307) sowie von Eduard Zimmermann (D. R. P. Nr. 65088) gemacht worden.

Kratz und Straßmann in Barmen erstreben die Fabrikation in der Weise, daß das Flacheisenband sich in Schweißhitze zwischen einer langsam rotierenden und dadurch den Streifen stetig vorschiebenden Scheibe und einer als Dorn dienenden, innen gekühlten, hohlen Achse spiralförmig aufwickelt und das sich bildende Rohr alsdann durch dahinter liegende Walzenpaare mittels rollenden Druckes und gleichzeitiger Stauchung von dieser Achse abgezogen wird, während Eduard Zimmermann in Berlin sein Arbeitsprinziv dadurch kennzeichnet, daß die beiden Stichflammen eines Knallgasgebläses die zu Ueberlappung kommenden Blechränder des Flacheisenstreifens auf Schweißhitze bringen und die Schweißung dann, wie in Abb. 26 angedeutet, durch den Druck breiter Preßwalzen erfolgt. Um das Band für seine spiralgewundene Aufrollung genügend nachgiebig zu machen, passiert dasselbe zweckmäßig, ehe es zu den Druckwalzen gelangt, einen Vorwärmeraum, in welchem es durch einen Gasbrenner auf Rotglut gebracht wird.

Das ziemlich einfache Verfahren gestattet, wie die Abb. 27 zeigt, auch die Erzeugung gewellter Rohre mit spiralförmig verlaufender Naht, sofern das Blech vorher entsprechend gewellt und die Druckwalzen

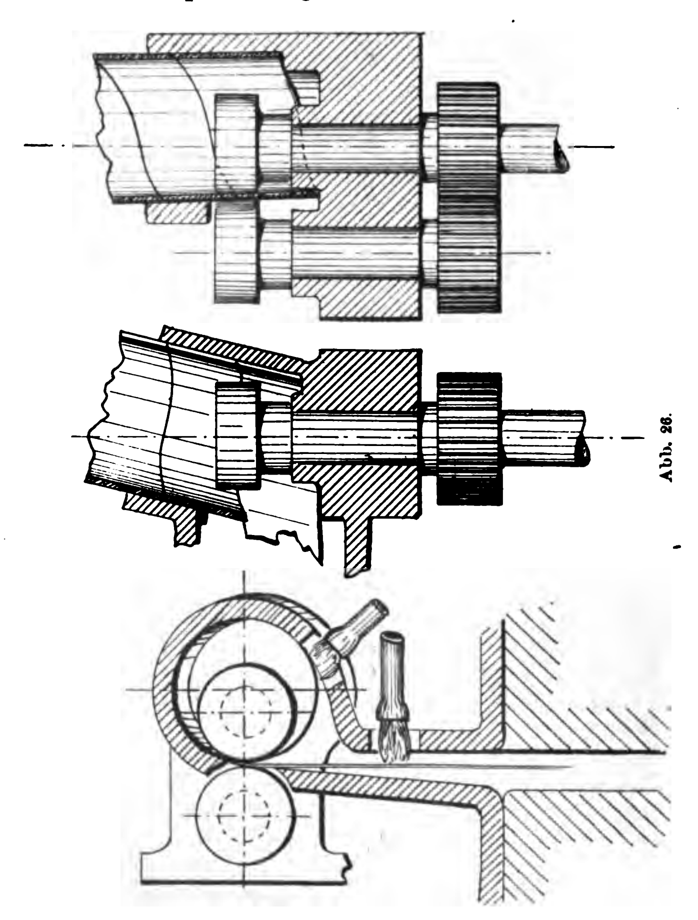


Abb. 26.

in Uebereinstimmung damit profiliert sind. Solche Wellrohre werden vielfach für Flammrohrkessel verwendet, im allgemeinen aber, mit Ausnahme des ausschließlich in England fabrizierten System „Purves", immer aus glatten Blechen gearbeitet und das Profil erst nachher durch Einwalzen (System Fox und Morison) oder durch Einpressen (System Kraus und Holmes) geschaffen.

So sehr indes die verschiedenen Verfahren der Spiralschweißung bei Röhren bestehen mögen und

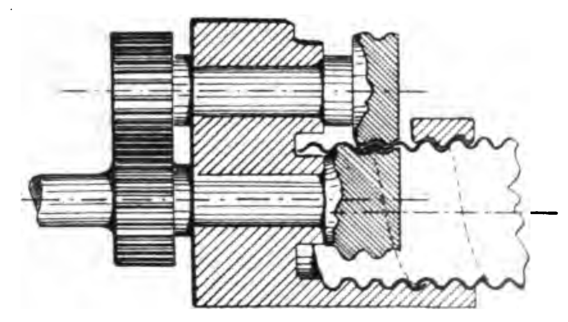


Abb. 27.

trotz all der hohen Erwartungen, die man sich anfangs davon versprach, ist die Fabrikation heute doch eine ziemlich überwundene und, selbst wenn sie noch verbessert und verbilligt würde, kaum eine aussichtsreiche zu nennen.

Es mag zutreffen, daß zu diesem Fiasko, die etwa um die gleiche Zeit die Aufmerksamkeit aller Fachleute wachrufende nahtlose Rohrherstellung sehr vieles beitrug, das Haupthemmnis für die Unprosperität lag aber jedenfalls in der Methode selbst; denn nicht nur, daß es sehr schwer hielt, das Auftreten von Fehlstellen in der Schweißnaht ganz zu

vermeiden, da selbst der geübteste Rohrschweißer sich einmal für einen Moment in der Temperatur irren kann; es ist auch zu berücksichtigen, daß die Schweißnaht bei solchen Röhren ca. dreimal so lang ist als bei den längsgeschweißten und stets zwei verschiedene Kanten des Bleches gleichzeitig auf die hohe und kritische Schweißtemperatur zu bringen sind. Endlich muß nochmals darauf verwiesen werden, daß es ein Irrtum ist, zu glauben, längsgeschweißte Rohre besäßen in der Schweißnaht eine minderwertige Stelle.

Ueberlappt geschweißte Rohre geben, wenn sie gut gearbeitet sind in ihrer Längsnaht volle Sicherheit gegen Aufreißen, und es verursacht keinerlei Schwierigkeit sie bei genügend gewählter Blechstärke jeder beliebigen Druckbeanspruchung anzupassen. So halten praktisch sehr häufig ausgeführte Längsnachschweißungen bei 10 mm starken Rohren beispielsweise Drucke von 500 Atm. aus, und wenn bei den vorgenommenen Prüfungsproben oder im spätern Betriebe Rißlädierungen und Leckagen vorkamen, so waren die Deformationsstellen fast stets neben oder entfernt von der Schweißnaht gelegen. Wenn somit bei den längsgeschweißten Röhren von einer Schwäche die Rede sein darf, so kann diese nur im Materiale selbst liegen, welches eben als solches — und dies trifft auch für die spiralgeschweißten Rohre zu — nicht über 40—45 kg Festigkeit besitzen kann, sofern es seine gute Schweißbarkeit nicht einbüßen soll.

Will oder muß man mit seinen Ansprüchen darüber hinausgehen, d. h. benötigt man Rohre, welche in ihrer ganzen Körpermasse möglichst Stahlcharakter tragen sollen, so gibt es nur ein Mittel, nämlich: zum nahtlosen Stahlrohre zu greifen.

Zweiter Abschnitt.

Nahtlose Stahlrohre.

Wie schon die Bezeichnung erkennen läßt, handelt es sich bei den nahtlosen Stahlröhren um solche, welche ohne jede Schweiß-, Löt- oder Nietnaht hergestellt sind und aus einem Material bestehen, dessen Festigkeit weniger in enge Grenzen eingedämmt ist.

Während über die Fabrikation geschweißter Röhren außer den Abhandlungen des Verfassers in der Zeitschrift Stahl und Eisen so gut wie gar nichts in der deutschen Literatur erschienen ist, hat die nahtlose Rohrfabrikation eine sehr rege Publizistik entwickelt und geradezu zu einer Verschwendung von Druckerschwärze Veranlassung gegeben. Es muß jedoch an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht werden, daß ein großer Teil dieser leider sogar in gelesenen Zeitschriften erschienenen Aufsätze mehr dem guten Willen als einer fachmännischen Feder entstammen, und daher mancher Irrtum eine bedauerliche Verbreitung gefunden hat, der daraus entsprungen sein mag, daß die betreffenden Autoren in ihren Auslassungen mehr von dem Wortlaut und Inhalt der nicht immer für die Fabrikation maßgebenden Patente abhängig gewesen zu sein scheinen als von persönlicher Erfahrung und Einsicht in den praktischen Betrieb, der mit Rücksicht auf die zu hütenden Fabrikationsgeheimnisse nur wenigen gestattet ist und doch gerade auf diesem Gebiete nicht entbehrt werden kann.

Ebenso wie es bei den gegossenen und geschweißten Eisenröhren eine große Anzahl verschiedener Herstellungswege gibt, hat auch das nahtlose Verfahren viele grundsätzlich voneinander verschiedene Arbeitsmethoden gezeitigt, deren all-

gemeine Kenntnis noch weit mehr, als bei dem vorbesprochenen Fabrikate, für den Konsumenten und gebildeten Techniker von Wert ist, weil teils die Fabrikationsmethode direkt für die Art der Verwendung des hergestellten Rohres einen Anhaltspunkt gibt, teils die Eigenschaften des Rohmaterials von vornherein in bezug darauf gewählt werden müssen und die spätern Prüfungsvornahmen denselben anzupassen sind.

Erwähnt sei noch, daß die meisten nahtlosen Stahlrohrfabrikationsmethoden sich mit geringfügigen Aenderungen auch zur Herstellung von Kupfer, Messing und Bleiröhren eignen, wenngleich die letztgenannten kaum davon Nutzen gezogen haben, und wegen ihres weichen Materials fast noch ausschließlich nach dem allbekannten Wurstpreßverfahren fabriziert werden.

Wie schon angedeutet wurde, können die nahtlosen Rohre bei sehr vielen Verfahren aus beliebig hartem Stahl angefertigt werden und ist die Auswahl des Ausgangsmaterials nicht von der mehr oder mindergroßen Schweißbarkeit abhängig. Dennoch aber wird bei verschiedenen Methoden ein Unterschied zu machen sein, je nachdem die Operationsarbeiten, welchen das Material zu unterwerfen ist, dieses in höherm oder geringerm Maße beanspruchen. Es ist somit kaum möglich, eine bestimmte Methode als die beste festzusetzen, denn bei ihrer vergleichenden Bewertung sind einmal die wirtschaftlichen Momente in Betracht zu ziehen oder vielleicht gar ausschlaggebend, anderseits aber ist auch auf die Qualität des Endproduktes Rücksicht zu nehmen, und da kann es denn sehr gut vorkommen, daß eine Methode die mit geringem Kostenaufwand arbeitet, weit unrentabler ist und in ihrer Oekonomie zurückstehen muß gegen ein Verfahren, das zwar in der Einzelausführung teurer ist, dafür aber ein sichereres,

gleichartigeres und ausschußfreieres Endfabrikat liefert, welches sich besser verkauft und weniger Nacharbeit erfordert.

Was die Verwendung der nahtlosen Stahlrohre anbetrifft, so stehen diesem Fabrikate, welches unstreitig das zuverlässigste Rohr abgibt, natürlich alle Tore des Maschinenbaues und der Konstruktionstechnik offen, aber infolge seines höhern Preises gegenüber dem geschweißten Rohre sind ihm vorläufig noch Grenzen gezogen, und wenn auch kaum zu bezweifeln ist, daß in ferner Zukunft einmal das nahtlose Rohr die Alleinherrschaft ausüben wird, übersteigt der Bedarf an geschweißten Hohlzylindern heute doch noch um ein Vielfaches den an nahtlosen. Sein hauptsächlichstes Absatzgebiet stellt der Dampf- und Kraftmaschinen- sowie Kesselbau. Während früher für Kriegsschiffe und Lokomotiven meist hartgelötete Kupferrohre als Dampfleitungsmittel im Gebrauch waren, sind speziell seit Einführung der Wasserrohrkessel, nur noch nahtlose Stahlrohre zugelassen, weil abgesehen von der damit verbundenen Raum- und Gewichtsersparnis, die Lötnaht den Nachteil besaß, daß sie aus einem andern Material bestand als das Rohr selbst, nur bei der häufig wechselnden Beanspruchung durch Erwärmung und Abkühlung, unter wechselndem innern Druck, zum Aufreißen neigte. Für Seeschiffe kam noch der Umstand dazu, das Kupferrohre in Berührung mit Seewasser einen elektrischen Strom auslösten, der das Zink des Lotes aufzehrte und damit die Widerstandsfähigkeit der Nahtverbindung vernichtete.

Außer für die Leitung und für die Behälter hochgespannter Dämpfe findet das nahtlose Stahlrohr zurzeit eine stets wachsende Anwendung für Preßwasser und Druckluftanlagen, für Bohrzwecke für Strommaste und Fahnenstangen, Ladebäume, Velozipedgestelle und Motore, ferner für hohle Achsen und Kolben, Kohlensäureflaschen und dgl.

Geht man der Geschichte der nahtlosen Rohrfabrikation nach, so muß es sehr verwundern, daß die ersten größern Spezialwerke erst vor kaum fünfundzwanzig Jahren entstanden sind, also zu den jüngsten Kindern der Eisentechnologie gerechnet werden müssen, obwohl genauer gesehen die Erzeugung nahtloser Rohre weder praktisch noch theoretisch damals neu genannt werden konnte, denn schon vor fünfzig und hundert Jahren hatte man sich in dieser Sache versucht und zum Teil ganz brauchbare Fabrikate erhalten.

Gewiß soll und kann nicht geleugnet werden, daß die modernen Methoden durchaus neu sind, oder wenigstens zum größten Teile Verbesserungen darstellen, die als fundamental gelten dürfen, aber immerhin wäre es verkehrt anzunehmen, das nahtlose Stahlrohr in seiner Idee und Einzeldarstellung sei ein Produkt unserer jetzigen Industrieepoche.

Nur die Massendarstellung, abgesehen von den vollkommneneren Hilfsmitteln zu derselben, ist der heutigen Technikergeneration gutzuschreiben, und es heißt gewiß nicht ihr Verdienst schmälern, wenn man gerechter Weise zugibt, daß auch vor ihnen bereits nahtlose Stahlrohre hergestellt worden sind. Diese Art Rohre sind sogar das logisch Einfachste und Natürlichste, denn was lag (unter Ausschaltung des gewöhnlichen Gußeisenrohres) näher, als sich den Hohlzylinder, ganz wie es die primitivste Schulgeometrie seit den ältesten Zeiten lehrt, aus den Vollzylinder entstanden zu denken, d. h. ein Rohr in der Weise zu erzeugen, daß man einen zylindrischen Stahlblock durch Bohrarbeit aushöhlte und, sofern die Wandstärke des so gewonnenen Rohres nicht genügend dünn war, durch Ziehen, Walzen, Hämmern oder dgl. die Oberfläche nacharbeitete. So konnte man bereits auf der Londoner Industrieausstellung des Jahres 1852 einen Doppellauf bewundern, den

ein berühmter Büchsenmacher aus einem Gußstahlblock durch Ausbohren hergestellt hatte, und in den Jahren 1856 oder 1858 hatte der Erfinder des Zündnadelgewehrs N. von Dreyse in Sömmerda (nachdem ihm eine außergewöhnlich große Anzahl von spiralgeschweißten Gewehrläufen wegen schlechter Schweißung, Aescherstellen und sonstigen Fehler vom preußischen Staate zurückgewiesen wurden und die Liefertermine nach dem bis dahin geübten Herstellungsverfahren nicht für eine Neuanfertigung ausreichten) probeweise der Firma Berger & Co. in Witten (jetzt als Wittener Gußstahlwerk eine der bedeutendsten Gußstahlwerke des Kontinents), Gewehrrohre in Bestellung gegeben, welche diese aus einem massiven Stahlzylinder, durch Ausbohrung, zur größten Zufriedenheit erzeugte. Die Enge des Raumes gestattet es nicht, einer historischen Entwicklung näher zu treten, und es muß davon Abstand genommen werden, die interessanten Bemühungen und Verbesserungen des schrittweise vervollkommneten Verfahrens des Franzosen Gueldry 1856 (ehemaligen Direktors der Forges d'Andicourt M. Grimault, der in einen Stahlblock, mittels Dampfhammer einen zylindrischen Stempel eintrieb, die so entstandene Höhlung mit Sand ausfüllte und das Werkstück auswalzte) sowie des Engländers John Stirling 1854 und vieler andrer hier näher auszuführen. Wenn all die zahlreichen Vorschläge (es existieren allein über 90 englische und amerikanische Patente bezügl. nahtloser Stahlrohre, die **vor** dem Jahre 1880 datieren) und Wege erst so spät zu einer blühenden Spezialindustrie geführt haben, so lag dies eben daran, daß das Bedürfnis nach bessern bzw. widerstandsfähigern Rohren, als es die geschweißten waren, fehlte. Für die technischen Forderungen der ersten drei Quartale des vorigen Jahrhunderts reichten die letztern vollkommen aus, und lief

um so weniger Gefahr dem nahtlosen Stahlrohr weichen zu müssen, als sie bedeutend billiger hergestellt werden konnten. Als aber die rapide Entwicklung der Dampfmaschine nach immer höhern Dampfspannungen rief, hydraulische Pressen und komprimierte Gase in ihrer Anwendung eine ungeahnte Ausdehnung fanden und der Fahrradbau eine plötzliche Neubelebung empfing, da genügte das kaum seßhaft gewordene Schweißnahtrohr nicht mehr in allen Fällen. Bald wurde es als zu schwer, bald als zu unzuverlässig gescholten und ein bessrer Ersatz, selbst unter mehrfachem Kostenaufwand als notwendig proklamiert.

Betrachten wir nunmehr die Mittel und Einrichtungen, mit welchen die moderne Groß- und Massenindustrie diesen Forderungen gerecht zu werden suchte, so haben wir in erster Linie zu berücksichtigen, daß es sich bei den sehr, sehr vielen nahtlosen Rohrverfahren fast durchweg immer nur um die Erzeugung von Vor- oder Halbfabrikaten handelt, d. h. fast alle in diesem Werkchen behandelten Methoden bezwecken. Die Herstellung von nahtlosen Stahlzylindern, deren Abmessungen jedoch nur ungefähr den fertigen oder marktfähigen Rohrdimensionen gleichkommen. Die Verkaufsgestalt bzw. die genauen Gebrauchsmaße der Durchmesser werden fast allen diesen Rohren, so verschieden ihr Werdeprozeß auch sein mag, nach einer einheitlichen Methode durch Ziehen gegeben.

Dies wird man für die folgenden Kapitel stets im Auge zu behalten haben!

III. Abschnitt.

Die Herstellung nahtloser Rohrzylinder durch Guss.

So erwünscht und lehrreich es in mancher Hinsicht wäre, bei der Besprechung dieser Erzeugungsgruppe chronologisch zu verfahren, ist es, infolge der untereinander oft ganz verschiedenartig gestalteten Hilfsmittel, doch nicht möglich, einen solchen Arbeitsplan einzuhalten, vielmehr zwingt die Herbeiführung einer bessern Uebersicht dazu, gleichartige Einrichtungsmethoden nebeneinander zu behandeln, und dadurch einzelne Verfahren, die zeitlich früher gefunden und angewendet wurden, später oder früher zu nennen, als sie auf Grund der hier eingehaltenen Besprechungsreihenfolge zu finden sind.

Mit Rücksicht darauf, daß die zu erzeugenden Rohrzylinder oder Hohlblöcke zu dünnwandigen Röhren nachgearbeitet werden, und mehr oder minder häufige Formveränderungen bis zu ihrer Fertigstellung als Handelsrohr durchmachen müssen, ist der Gebrauch von gewöhnlichem Gußeisen, abgesehen von seinen störenden Eigenschaften, von vornherein ausgeschlossen, und es kann nur ein Gußmaterial in Frage kommen, welches ausgesprochenen Stahlcharakter besitzt. Ein solches Material läßt sich aber nicht wie das gewöhnliche Gußeisen vergießen, sondern bereitet wegen seiner hohen Schwindung (Stahlguß hat eine zirka doppelt so große Schwindung als Gußeisen), wegen seiner intensiven Neigung zu Kalt- und Warmrissen, und wegen mancher andern Eigenschaft, so erhebliche Gießschwierigkeiten, daß man für die hier in Betracht kommenden Zwecke im allgemeinen davon absieht, es in feststehende Formen zu vergießen, und meist mobile Formen

anwendet, d. h. nach dem bekannten Zentrifugal- oder Schleudergußprinzip arbeitet. Je nachdem die Rotationsachse in einer horizontalen oder vertikalen Ebene liegt, hat man horizontale und vertikale Verfahren zu unterscheiden.

Zu den erstern gehört eine Methode, wie sie von Howard Lane in Birmingham (England) und Theod. Förster in Berlin ausgebildet und für die Herstellung nahtloser Stahlrohre geschaffen worden ist.

Aus dem Eingußtrichter fließt beständig das geschmolzene Rohrmetall in die enge, vorn feuerfest ausgekleidete Mündung eines, durch geeignete Antriebsmittel sich schnell umdrehenden, Formzylinders ein, dessen Durchmesser von demjenigen des herzustellenden Rohres abhängt. Um einer zu raschen Erhitzung dieses Formzylinders vorzubeugen, kann man seine Außenwände durch Berieselung bzw. durch einen Sprühregen kalten Wassers oder sonst eines Abkühlungsmittels temperieren.

In dieser Form liegt bei Beginn eines jeden Gusses ein sich mit der Form in gleicher Tourenzahl drehender, in eine Schraubenspindel endigender, und aus diesem Grunde sich gleichzeitig längs verschiebender Verschlußkolben, an dessen Kopfstück sich das in die Form einfließende Metall staut und die Drehbewegung der Form annimmt, vermöge welcher es durch Fliehkraftwirkung gegen die Formwandung angepreßt wird und sich so verdichtend, bzw. mehr und mehr abkühlend, langsam erstarrt. Da der Kopf des Kolbens mit einer keilförmigen Umfangsrille oder einem Ansatze mit Unterschneidung ausgerüstet ist, in welche das flüssige Metall eindringen kann, so erfolgt mit der Erstarrung des vordern Endes der gebildeten Röhre ein fester Anschluß an denselben, derart, daß, eine geeignete Führung des Kolbens vorausgesetzt, die Unterstützung und Führung des aus der Form heraustretenden

Röhrenteiles gesichert ist. Die Längsbewegung des Verschlußkolbens gestattet, wie es weiter in der diesbezüglichen deutschen Patentschrift (Nr. 62034) heißt, eine beliebige Regelung der Dichtigkeit des erstarrten Röhrenmetalles. Denn je nachdem man die genannte Längsbewegung nach rechts größer oder kleiner wählt, als die fortschreitende Bewegung der in der Bildung begriffenen Röhre an sich sein würde, tritt eine ausdehnende oder zusammendrückende, nach jeder Abstufung zu bemessende Einwirkung auf die Röhre ein.

Leider läßt es sich bei einem derartigen Betriebsgange nicht immer vermeiden, daß, veranlaßt durch die Trägheit des flüssigen Stahles, ein Herumspritzen und Durcheinandertreiben der einzelnen Massenteilchen in völlig unterschiedsloser Weise stattfindet, so daß schlechte Gußstellen, Risse, Lufträume, poröse Teilwandungen und andre Gießfehler entstehen.

Um auch dem nach Tunlichkeit abzuhelfen, haben die gleichen Erfinder ihr Verfahren noch dahin abgeändert, daß das geschmolzene Metall schon vor dem Einlaufen in die rotierende Erstarrungsform, und während der Einflußperiode, eine Drehbewegung erhält. Die Weiterverarbeitung der so gewonnenen Hohlblöcke findet in einem Walzwerk oder auf Ziehbänken statt, wie dies in einem spätern Kapitel beschrieben werden wird.

Während bei dem Verfahren von Lane & Förster der Austritt des erstarrten Hohlzylinders durch den Zug der Kolbenstange geschah, was, wie leicht einzusehen ist, zuweilen zu Unzuträglichkeiten und Betriebsstörungen führen kann, (indem die Zugstange bzw. die Ringnut des Kopfes sich vom Gußstück trennt) hat ein andrer Neuerer auf diesem Gebiete, der Amerikaner George Hewlett Clowes in Waterbury, (V. St. A.) eine Methode zum Gießen röhren-

förmiger Gegenstände ausgebildet, bei der, abgesehen von einigen sonstigen Abweichungen, das Werkstück von einem Kolben aus der Gießform ausgestoßen wird.

Seine Einrichtungskonstruktion ist in Deutschland unter Nr. 95 846 patentiert worden und läßt sich aus Abb. 28 erkennen.

Das geschmolzene Metall wird zunächst in eine durch zwei (erforderlichen Falles verstellbare) Kolben begrenzte, als Meßraum dienende Kammer eingefüllt. Die zwischen den beiden Kolben befindliche flüssige

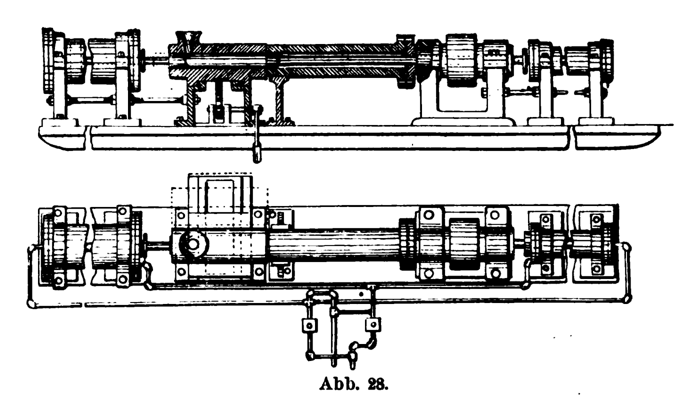


Abb. 28.

Metallmasse, welche durch einen vertikalen Eingußtrichter eingefüllt ist, wird mit Hilfe derselben in die eigentliche Gießform übergeschoben, wobei sich die beiden Kolben, infolge differentialer Bewegung, derartig auseinander bewegen, daß sie gleichzeitig die betreffenden Enden der Gießform erreichen und diese abschließen. Die flüssige Metallmasse breitet sich hierbei gleichmäßig auf den Boden der horizontal gelagerten und rotierenden Gußform aus, bzw. wird durch die Einwirkung der Fliehkraft gleichmäßig auf die Innenfläche der Gußform verteilt.

Nach Fertigstellung des Hohlblockes, d. h. nachdem die an die Formwand geschleuderten Metallmassen dort erstarrt sind, wird der Rotationsbewegung des Formgehäuses Einhalt getan und der linke Kolben aus dem Eingußkasten herausgezogen, während der Einguß- oder Füllkasten selbst (z. B. mit Hilfe eines Zahnstangengetriebes) zur Seite geschoben wird. Nunmehr kann ohne weiteres der rechte Kolben, durch Linksbewegung, das fertige Gußstück aus der Form ausdrücken.

Die auf den Abbildungen noch dargestellten Druckwasserzylinder nebst den Rohrleitungen und Umsteuerungsventilen sind hier, Raummangels wegen,

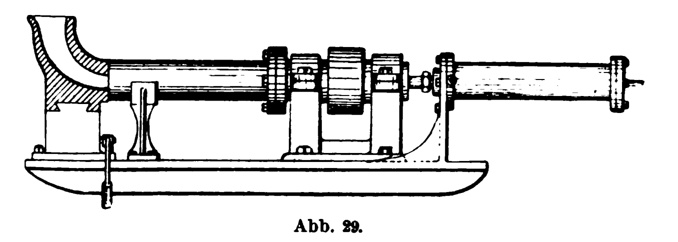


Abb. 29.

unberücksichtigt gelassen worden und konnten in der knappen Beschreibung des Arbeitsprozesses wohl auch um so mehr vernachlässigt werden, als ihre Funktionsweise und ihr Zweck auf den ersten Blick verständlich sein dürfte. Dagegen ist in Abb. 29 noch eine Ausführungsmöglichkeit, des im Prinzip ähnlichen Verfahrens, illustriert worden, bei der der Einguß- oder Füllkasten durch einen hornartig ausgebildeten Fülltrichter ersetzt und der linke Kolben ganz fortgelassen ist. Bei dieser Einrichtung ist es das Gewicht des flüssigen Stahles selbst, welches den rechten Kolben (in der Abbildung nicht sichtbar!) zurückdrängt. Selbstredend muß auch hier nach beendeter Gußarbeit der Fülltrichter zur Seite

geschoben werden, damit der fertige Rohrrohkörper ausgestoßen werden kann. Je nach der Menge des in die rotierende Gießform eingefüllten flüssigen Stahles läßt sich die Wandstärke des zu erzeugenden Hohlblockes regeln.

Eine dritte Gußmethode, ebenfalls auf dem Zentrifugalprinzip beruhend, wird seit dem Jahre 1892 auf dem bekannten französischen Rohrwerke der Société Ougrée in Louvroil (Nord) betrieben. Die Gußform, in welcher der Rohrblock dort hergestellt wird, besteht aus einer dicken Eisenwandung von ca. 40 mm Stärke, 2 m Länge und 200 mm innern Durchmesser. Sie sind an jedem Ende durch Deckel

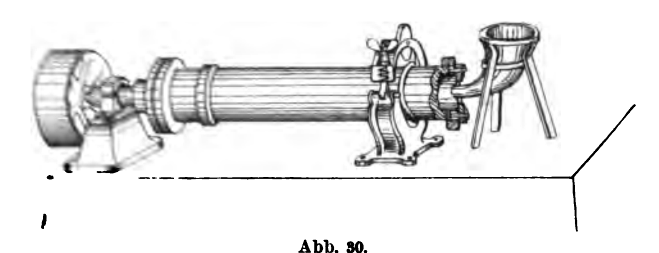


Abb. 30.

geschlossen, von denen der eine, eine der Mündung des Einfülltrichters entsprechend dimensionierte, zentrale Oeffnung hat (s. Abb. 30). Der andre, am hintern Formzylinderende gelegene, in eine hohle Welle auslaufen kann, welche die die Rotation der Gußform veranlassende Riemenscheibe trägt und durch ihre Höhlung die Evakuation eines Teiles der sich beim Guß entwickelnden Gase und der verdrängten Luft übernimmt. Dies hat allerdings den Uebelstand gezeigt, daß der Hohlraum der Welle sich leicht verstopfte, indem der eingelassene und abspritzende Stahl dort schneller erstarrte als in der eigentlichen Gußform und damit nicht nur der

Zweck dieser Bohrung illusorisch wurde, sondern auch die Welle selbst gesprengt werden konnte. Man versuchte deshalb den hintern Formkastendeckel ohne Aussparung aufzuschrauben und ein leicht auswechselbares Evakuationsrohr einzuführen. Aber die Resultate dieser Aenderung scheinen wenig befriedigt zu haben; denn wie aus sicherer Quelle verlautet, ergaben sich so viel Ausschuß- und Fehl-

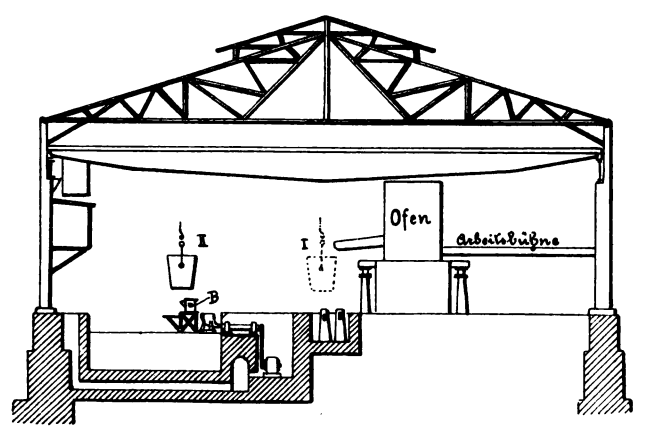


Abb. 31.

güsse, daß man die Aushöhlungsöffnung, wenn auch in verbesserter Form, wieder einzuführen gedenkt.

In Abb. 31 ist die Anlage des genannten Werkes schematisch wiedergegeben und regelt sich der Betrieb daselbst in Anlehnung daran in folgender Weise:

Das vom Schmelzofen (es sind zwei basische Martinöfen von je zehntem Inhalt im Gebrauch) mit flüssigem Stahl gefüllte Transportgefäß wird zuerst mittels elektrischen Kranes vom Schmelzofen oder der Stellung I in die Position II gebracht, unter-

halb welcher sich die allmälich in Bewegung gesetzte Gußform befindet.

Alsdann wird der Inhalt der großen Gußpfanne II in Zwischengefäße *B* geschüttet, welche durch ihre verschiedenen Größen von vornherein die zur Erzeugung eines bestimmt dimensionierten Rohrblockes notwendige Stahlmenge auf das sparsamste bemessen, und ein auf der kleinen Plattform *C* stehender Arbeiter gießt die so abgeteilte Materialmenge in den vor der Gußform vorgelagerten Eingußtrichter.

Direkt beim Eintritt in die Gußform wird das flüssige Metall vermöge der Zentrifugalkraft gegen die Wände geschleudert*) und zu einem dickwandigen Rohre geformt, während der Eingußtrichter unmittelbar, nachdem er leer geworden ist, von einem Arbeiter entfernt wird, damit die frei werdenden Gase, soweit sie nicht am hintern Gußformdeckel oder auf sonst eine Weise entweichen können, ungehinderten Abzug haben. Die Gußform macht zirka 1000 t pro Minute, so daß der Prozeß in 10 Minuten als beendet gelten kann. Bei der Ausbringung des erstarrten Hohlkörpers bedient man sich wieder des Fahrkranes und daran befestigter Zangen.

Die so gewonnenen Hohlkörper werden hierauf mittels Warm- oder Kaltsäge in die gewünschte Länge geschnitten und in Siemens - Generatoröfen (gleiches läßt sich auch mit Rekuperatoröfen erreichen!) von neuem erhitzt, um sodann auf einem Dorn oder Stopfen zwischen den Walzen eines normalen Rohrkaliberwalzwerkes in 8—10 Durchgängen zu einem fertigen Rohr ausgestreckt zu werden.

*) Die hierbei eintretenden interessanten Vorgänge und ihre rechnerische Entwicklung können Interessenten in einem sehr lehrreichen Artikel der „Revue d'Artillerie“ Jahrgang 1905 Band 67 Seite 126 und folgenden nachlesen.

Statt die ersten Walzgänge im gewöhnlichen Kaliberwalzwerk zu machen, kann man auch die Hauptstreckung im Pilgerwalzwerk (Beschreibung und Prinzip desselben siehe Seite 280—290) vornehmen, so daß nur die Endstiche im normalen Duorohrwalzwerke auszuführen sind. Indes wird das Material im letztern Falle etwas mehr mitgenommen.

Die in Louvroil erzeugten nahtlosen Stahlrohre erfreuen sich eines guten Rufes und werden bereits viel und gern von den großen französischen Bahngesellschaften für Lokomotiven benutzt. Auch als Fahrrad-, Automobil- und Jagdflintenrohre sind sie beliebt, da man, wie die Erzeuger des Fabrikates versichern, fast jede beliebige Härte erreichen kann und Klagen oder Beanstandungen zu den Seltenheiten gehören.

Als neuestes Verfahren des horizontalen Schleudergusses zur Fabrikation von Rohrhohlblöcken seien endlich noch die Vorrichtungen des von dem belgischen Ingenieur Graf Paul de Hemptinne in Gent herrührenden D. R. P. Nr. 177 123 hier behandelt und an Hand der Abb. 32 und 33 besprochen.

Der Erfinder will durch seine neuartigen Anordnungen und Einrichtungen vor allem ein Festsetzen des Metallblockes an irgend einem Punkte der Gießform verhüten (damit dessen Schwinden bei der schnellen Abkühlung möglich ist und er leicht aus der Gußform entfernt werden kann) dann aber auch der Entstehung von Luftblasen im Werkstücke mit Sicherheit vorbeugen.

Zu diesem Zwecke führt er das Metall mittels eines besondern, auf einem Kippwagen befindlichen Gießtrichters in bestimmter, für jede Hohlblockgröße vorher abgewogener Menge in die Gießform ein und empfiehlt folgende Anordnungen:

Vor den Gießformen befindet sich in einer Entfernung von etwa 2 m ein Hauptgleis, von welchem, senkrecht dazu, zu jeder Gießform ein Abzweigungsgleis führt. Der den Gießtrichter tragende Wagen (Abb. 32) ruht auf einer Schiebebühne, so daß er leicht zu jeder Gießform gebracht werden kann.

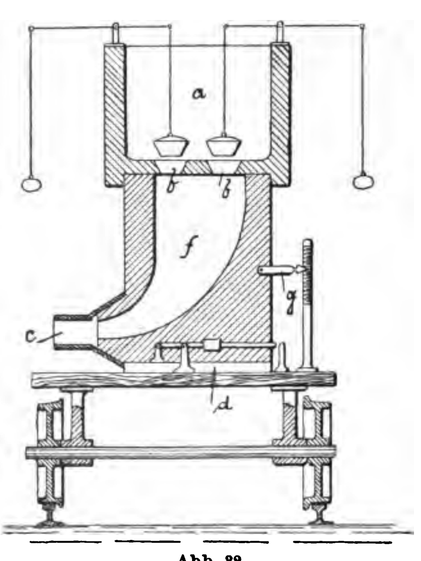


Abb. 32.

Der gußeiserne Gießtrichter *f* der aus einer gewöhnlichen Gießtasche *a* gefüllt wird, deren Boden mehrere, im Gesamtquerschnitte mindestens doppelt so große Oeffnungen *b* hat, als die Ausflußöffnung *c* des Trichtermundstückes, steht auf einer Wage *d*, welche selbsttätig anzeigt, wie groß die in *a* eingelassene flüssige Stahlmenge ist.

An dem Gießtrichter befindet sich außerdem eine Vorrichtung, welche durch ihren auf eine bestimmte

Marke eingestellten Zeigerarm anzeigt, ob ein Teil des Metalles (infolge Abkühlung) an der Wandung des Trichters hängen geblieben ist. Wenn dies nämlich zutrifft, dann weist der Zeigerarm natürlich auf eine andere als die „Leermarke", und es muß, durch Verschieben eines Gewichts auf dem Wagebalken der Wage *d*, der Zeigerarm wieder auf seine alte Marke eingestellt werden, um über die im Behälter *a* eingegossene flüssige Stahlmenge eine richtige Kontrolle zu haben. Man erhält auf diese Weise jederzeit ein gleichmäßiges Gewicht an Stahl für jede Gußform, unabhängig von der Anzahl der aufeinanderfolgenden Güsse.

Da das Metall zufolge seiner Fallhöhe unter ziemlichem Druck in die Gießform stürzt und dadurch eine beträchtliche Verdrängung und Pressung der Luft herbeiführt, so ist es notwendig, um ein luftblasenfreies Produkt zu erhalten, die Gießform mit besondern Evakuations- und Luftableitungsmittel zu versehen; denn das Entweichen der Luft aus der Eingußöffnung hat, wie schon bei Besprechung des Betriebsverfahrens von Louvroil dargetan wurde, wenig günstige Resultate ergeben und verhindert unter anderm auch einem Teil des flüssigen Metalles, genügend schnell in die Gießform einzutreten.

Hemptinne hat diesem Uebelstande dadurch abzuhelfen gesucht, daß er den Bohrungsdurchmesser *k* der hohlen Welle, von welcher die Gießform hinten getragen wird (vgl. Abb. 33), so groß wählt, daß man in die Welle noch ein Rohr *l* einsetzen kann, welches einen Hohlquerschnitt von ungefähr 20—25% der Gußform hat. Dieses Einsatzrohr besitzt an dem Ende, wo es in die Gießform hineinragt, einen erweiterten Ansatz, dessen äußerer Durchmesser dem innern Durchmesser des herzustellenden Hohlblockes gleich kommt, d. h. die Wandung des letztern wird so dick, daß sie in den Ringraum *r* hineinpaßt.

Das andre Ende des mit der hohlen Welle fest verbundenen Einsatzrohres *l* wird einem Ventilator, einer Esse oder sonst einem künstlichen bzw. natürlichen Zugmittel angeschlossen.

Das zweite, dem Eingußtrichter zugerichtete Ende der Gießform ist durch einen abnehmbaren, beispielsweise durch Keile lösbaren Deckel verschlossen, der eine zentrale Ausbohrung besitzt, in welche ganz analog dem Rohr *l* (nur entsprechend kürzer) ein Einsatzrohr eingefügt ist. Beide Einsatzrohre können eventuell nach innen gleiten, was den Vorteil hat, daß, wenn sich der Hohlblock bei der Abkühlung

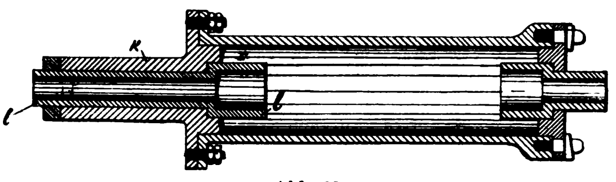


Abb. 33.

an ihnen festsetzen sollte, keine Brüche und Risse desselben zu befürchten sind.

Neben dem Schleudergußverfahren mit horizontaler Drehachse haben sich schon verhältnismäßig früh, veranlaßt wohl durch die Schwierigkeiten der heute allerdings zum größten Teil überwundenen Einguß- und Luftentweichungsmängel, eine Reihe von Verfahren ausgebildet, die der Gießform, zu mindesten beim Beginn des Arbeitsprozesses, eine vertikale Lage vorschreiben. Mit Uebergehung der ersten diesbezüglichen Konstruktionen, welche für den modernen Betrieb keine Bedeutung mehr haben, sei als typisches Beispiel für die vertikale Zentrifugalgießmethode die von Dr. Georg Walz in Heidelberg ersonnene Einrichtung hier angeführt (D. R. P. Nr. 72478), welche in den Abb. 34 dargestellt ist.

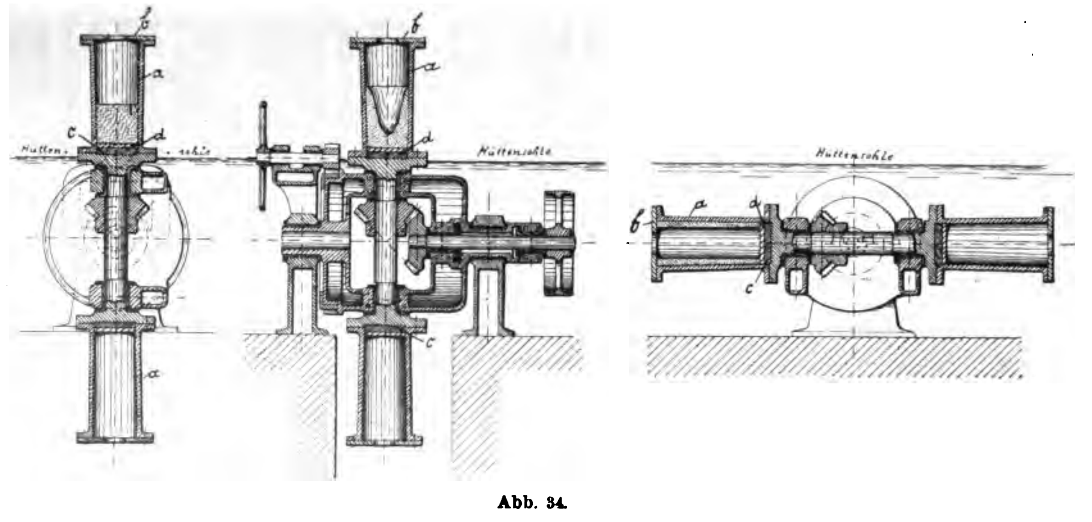


Abb. 34.

Der Arbeitsgang ist folgender: In eine mit senkrechter Achse angeordnete Gießschale *a* wird der flüssige Stahl von der Pfanne aus eingebracht, wobei die Gießform in Rotation gesetzt wird, so daß eine trichterförmige Vertiefung auf der eingegossenen Metalloberfläche entsteht. Alsdann wird die mit einem ringförmigen Deckel *b* verschlossene Schale (um ein Auslaufen des Metalles zu verhindern und doch einen Gasabzug zu gestatten) unter weiterer Rotation langsam in eine horizontale Lage gebracht, wobei die trichterförmige Aushöhlung sich immer tiefer in den Block hinein erstreckt, bis sich ein Rohr gebildet hat, dessen Wandstärke bei zunehmender Horizontallage der Schale immer gleichmäßiger wird und schließlich überall gleich ist.

Um ein schnelles Erstarren der auf dem Boden der Gießschale vorhandenen Metallmasse und damit der Ausbringung eines unten geschlossenen Rohrzylinders vorzubeugen, ist es notwendig, auf die Bodenplatte *c*, welche den Abschluß der Schale nach der Rotationswelle bildet, noch eine glühende Tonplatte *d* zu legen.

Der Apparat kann mit einer oder wie dargestellt, mit zwei Schalen eingerichtet sein. Im erstern Falle muß die Rotationsachse am entgegengesetzten Ende der Schale mit einem Gegengewicht versehen werden, während dies bei dem doppelseitig ausgebildeten Apparate nicht nötig ist und dieser noch den Vorteil gewährt, daß er schneller arbeitet und nicht jedesmal nach Fertigstellung eines Rohres in seine Anfangslage zurückgedreht werden braucht, sondern einfach die andre Schale zur Benutzung gelangt. Die Drehung der Schale einerseits und des Tragbockes anderseits wird unter Anwendung von Winkelzahnrädern durch Transmissionen oder durch einen im Tragbock eingebauten Dynamo oder sonstigen Motor bewirkt.

Eine noch vollkommenere Ausbildung hat dieses Verfahren durch die Verbesserungen des schwedischen Ingenieurs Franz Gustav Stridsberg in Stockholm erfahren, über welche die Abb. 35 Aufschluß gibt.

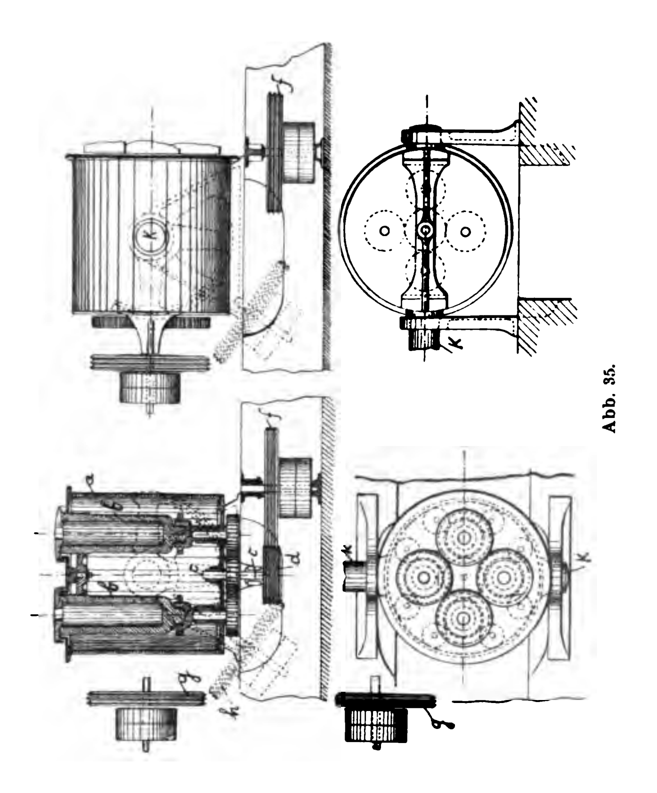


Abb. 35.

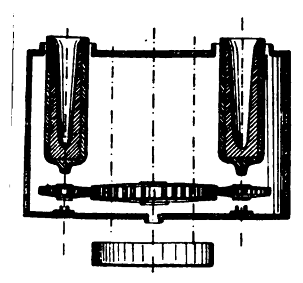
Der Apparat besteht danach aus einem topfartigen Gefäß *a*, welches die eingesetzten Gußformen *b* enthält, die an ihrem untern Ende mittels Muffen mit einer Triebwelle verbunden sind, welche ihren An-

trieb, unter Benutzung von Zwischenzahnrädern, von einem gemeinsamen Rade aus durch die Zentralachse *c* erhalten. Die Antriebskraft wird dadurch übertragen, daß das Triebrad *d* mit ähnlichen Rädern *F*, *g* und *h* in Eingriff gebracht wird, die eine solche Lage zu den an dem Gefäßmantel *a* angebrachten Aufhänge- und Kippzapfen *k* haben, daß die einzelnen Gußformen immer die gewünschte Lage einnehmen. Am besten ist es, wenn die Triebräder als Reibungsräder gewählt werden, damit die Kraft nur durch Berührung von dem einen auf das andre übertragen wird.

Der flüssige Stahl wird in die Gießformen *b* eingefüllt, während sich diese in senkrechter Lage befinden, sodann wird, wie bei Walz, sobald diese Formen in Umdrehung versetzt sind und das Metall im Begriffe ist, sich in ein hohles Gußstück zu verwandeln, durch Kippung des Mantelgefäßes *a* (wobei sich das Triebrad *d* von dem Rade *F* ausschaltet und mit dem Reibungsrade *h* oder *g* in Eingriff kommt) die weitere Umbildung des Schmelzgutparaboloids zu einem Hohlzylinder mit vollständig konzentrischen Wandungen in schräger bzw. horizontaler Gießformlage vorgenommen. Das Eingießen des Metalles in die Gießformen oder Koquillen muß deshalb in der senkrechten oder fast senkrechten Lage derselben erfolgen, weil sich sonst an der Oberfläche des Gussstückes Schuppen oder Spiralen von erstarrtem Metall bilden würden. Beim Einguß steigt daher die obere Schicht des Metalls an den Wänden der Koquille hoch. Die Modifikation desselben Apparates mit sechs Eingußformen zeigt in schematischer Ausführung Abb. 36.

Das Verfahren. von Stridsberg wird in Kopparsberg und Throllaetan im großen Stile ausgeübt und soll sehr zufriedenstellende Resultate liefern.

Nichtsdestoweniger dürfte es in der Praxis noch nach vielen Seiten hin zu vervollkommnen sein, denn abgesehen davon, daß das Vérfahren in der vorliegenden Form, trotzdem mehrere Koquillen gleichzeitig arbeiten, sehr viel Kraft verlangt (weil die Rotationsgeschwindigkeit der Gießformen eine außerordentlich hohe ist und mindestens 500—600 Touren pro Minute betragen muß), mithin kostspielig wird, ist es schwierig, den Apparat so im Gleichgewicht zu halten, daß seine geometrische Achse mit den Achsen der einzelnen Gußformen sich genau deckt.



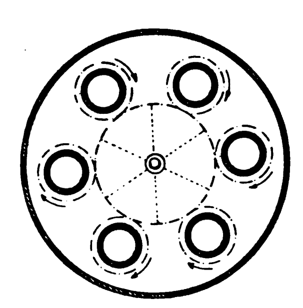


Abb. 36.

Auch neigen die Achsen leicht zu Verbiegungen und rufen dadurch Betriebsstörungen sowie ungleiche Wandstärken des Erzeugungsgutes hervor.

In Italien ist eine ähnliche Arbeitsweise, jedoch wie es heißt, mit bedeutenden Vereinfachungen, nach Ideen des Ingenieurs Giuseppe Cobianchi, in den großen Stahlgießereien von Omegna in Verwendung. Die dortige Einrichtung soll ungefähr zehnmal billiger sein als die von Stridsberg und eine gleich große Produktion bei geringerm Kraftbedarf gestatten. Auch das norwegische Hüttenwerk Aversta und Fagharsta benutzt eine Methode zur Erzeugung von Stahlhohlblöcken, die dem Verfahren von Stridsberg

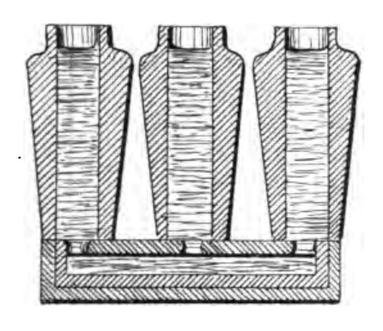
nicht fern steht. Nur werden dort die Gußformen nach dem Einfließen des Metalls nicht horizontal geneigt, sondern man füllt die Gießform vollständig mit flüssigem Stahl, schließt dieselbe mit einem Deckel aus feuerbeständigem Material, setzt das Ganze in schnelle Rotation, und sobald man nach Erfahrungswerten den Eindruck gewonnen hat, daß das flüssige Metall an den Rändern der Gußform in gewünschter Stärke erstarrt ist, stürzt man die Gußform schnell um 180°, so daß das anfangs obere Ende nach unten kommt und das im Innern der Gußform noch befindliche flüssige Material ausfließen kann, um einen Hohlraum frei zu lassen, der eventuell noch durch besondre Vorrichtung genau egalisiert wird. Das Verfahren, ist wie eine geringe Reflektion ergibt, allerdings sehr einfach aber in bezug auf Materialaufwand wohl wenig ökonomisch, denn mit 100 kg flüssigem Stahl erzeugt man nur einen Rohrzylinder, welcher fertig bearbeitet kaum über 40—50 kg wiegt.

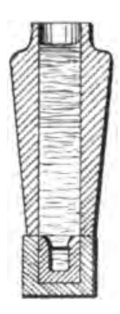
Im allgemeinen wird sich wohl, wenn man das horizontale und vertikale Zentrifugalgießverfahren miteinander vergleicht, nicht leugnen lassen, daß das erstere das natürlichere und für die Erzielung gleichwandiger Hohlblöcke sicherere ist, weil bei dieser Lage der Gießform die Fliehkraft der umhergeschleuderten Metallteilchen leichter die Einwirkung der Schwerkraft des flüssigen Metalles zu überwinden vermag.

Indes bleibt bei den Arbeitsgruppen der Nachteil eigen, daß sie viel Einrichtungskosten und einen großen Kraftbedarf beanspruchen. Aus diesem Grunde ist man heute vielfach bemüht, ein Verfahren auszubilden und zu modifizieren, wie es zuerst von Joh. Aug. Brinell in Faghersta vorgeschlagen worden ist.

Aehnlich wie in Aversta benutzt Brinell stehende Formkästen, die er vollständig mit flüssigem Stahl

ausfüllt, sieht aber von einer Rotation dieser Formkästen ab, und stürzt diese nach Eintritt der teilweisen Erstarrung des Inhaltes auch nicht um, sondern läßt das überflüssige Metall von unten ausfließen.





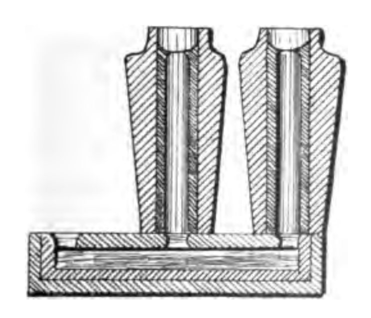


Abb. 37.

Die zu seiner Betriebsweise erforderliche Einrichtung ist schematisch aus der Abb. 37 zu ersehen.

Zwei oder drei innen zylindrische Gußformkästen stehen durch ein gemeinsames, kanalartiges Bodenstück miteinander in Kommunikation. Um eine gleichmäßige Wandstärke des Hohlgußstückes zu

erreichen, wählt man die Formschalenwandung oben dicker als unten, oder sorgt durch entsprechend zu regelnde Wasserkühlung dafür, daß, durch stärkere Wärmeleitung am obern Teile, ein schnelleres Abkühlen des von oben eingegossenen Metalles eintritt, welch letzteres bei drei Schalen zuerst in die mittlere eingefüllt wird. Behufs Ableitung des flüssig bleibenden Metallkernes hebt man eine der Formschalen ab, so daß dann nicht nur der Kern dieser Form, sondern auch derjenige aller übrigen durch die frei gewordene Oeffnung ausläuft. Natürlich ist es notwendig, daß die Wände des Bodenstückes geeignet sind, das in demselben befindliche Metall während der Zeit, wo in den Schalen die Krustenbildung des Hohlblockes vor sich geht, flüssig zu erhalten, weshalb man sie am besten mit einem feuerbeständigen, aber schlecht wärmeleitenden Futter versieht.

Nicht minder einfach, wie das Verfahren von Brinell, stellt sich eine in neuester Zeit von dem Direktor des Benrather Röhrenwerkes der Firma Balke Tellering, Friedrich Nebe, in Düsseldorf ersonnene Methode welche in Deutschland unter Nr. 162534 patentiert und in Abb. 38 illustriert ist.

Nebe verwendet jedoch einen Kern zur Herstellung der Hohlblöcke nach seinem Arbeitsprinzip, und zwar läßt er denselben, (welcher am besten aus Eisen besteht), um das Aufschrumpfen des Hohlblockes darauf zu verhindern, während der Erstarrungsperiode der Gußmasse Bewegungen solcher Art ausführen, daß, sofern diese mit hinreichender Geschwindigkeit erfolgen, ein zylindrischer Hohlraum um den Kern herum entsteht, der die Entfernung desselben aus dem Gußstück leicht ermöglicht. Gleichzeitig ergibt sich bei diesem Gießverfahren noch die sehr angenehme Wirkung, daß eine Verdichtung des Werkstückes stattfindet, indem die

Metallteilchen während ihres allmählichen Ueberganges in den festen Aggregatzustand durch die Schüttelbewegung des Kernes nach außen geschleudert werden. Als Ausführungsformen dieser Methode gibt der Erfinder in Abb. 38 ein Beispiel, wo der flüssige Stahl in eine offene Form *a* direkt eingegossen wird. Der Kern ist an einer Tragstange *b* aufgehängt, ruht unten in einer tellerartigen Aushöhlung der Gießformbodenplatte, und kann oben durch Vermittlung von *b*, in passender Höhe von einem Kugel- oder Universalgelenk gehalten werden. Setzt man nun auf den Kern oder seine Tragstange einen Exzenter auf, der von einem Ring mit entsprechender Bohrung umgeben, so gelagert und angetrieben ist, daß er keine Lagenänderung, sondern lediglich eine Drehbewegung ausführen kann, so macht der Kern die vorgeschriebene Höhlung in das erstarrende Gußmetall.

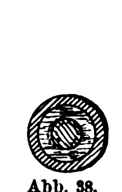


Abb. 38.

Abb. 39 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel derselben Methode. Die offene Gußform ist in diesem Falle mit einem vorgelagerten Eingußtrichter, der am Boden der Form mündet, versehen, und der Kern ist dauernd in derselben gelagert. Er reicht mit seiner Achse durch den Boden und die Tragplatte der Form hindurch und ist durch eine Riemenscheibe in Bewegung gesetzt. Damit er bei seiner Drehung einen kleinen Hohlraum um sich selbst erzeugt, darf der Kern entweder nicht ganz zylindrisch sein (erhält vielmehr eine etwas elliptische Gestaltung),

oder seine Achse muß um ein Geringes gegen die Achse der Antriebswelle versetzt sein. Selbstredend kann die Anordnung auch so getroffen werden, daß die Form mit dem Gußmetall um den Kern herumläuft oder beide Teile rotierende Bewegungen ausüben. Gleichfalls eines Kernes zur Bildung der Blockaushöhlung beim Gusse von Rohrbarren bedient sich das Verfahren des Preß- und Walzwerkes Aktiengesellschaft Reißholz bei Düsseldorf, dessen Darstellung in Abb. 40 gegeben ist. Die das flüssige Metall aufnehmende Gußform wird zentrisch über die Bohrung einer unterkellerten Bodenplatte aufgestellt und über die Bohrung ein dünnwandiger Kernzylinder, vom äußern Durchmesser der zu erzeugenden Blockaushöhlung eingesetzt. Um durch den Druck der eingegossenen Stahlmasse nicht zerstört werden zu können, erhält der Innenraum des Kernzylinders eine Füllung von trocknem Sand, der sofort nach dem Erstarren des Gußstückes schnell entfernt wird, damit letzteres ungehindert der Schwindung nachgeben kann und ein Reißen desselben selbst bei großen Längen nicht befürchtet zu werden braucht. Die Entleerung der besagten Sandfüllung wird in der Weise bewirkt, daß eine durch die Achse des (zentrisch in die Gußform eingesetzten) Kernzylinders hindurchgehende Stange durch Schlag oder Druck von oben die Abdeckungsplatte zerstört, welche den separat eingesetzten

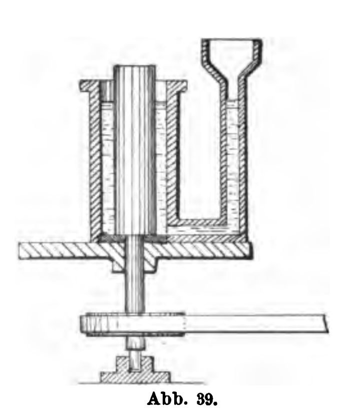


Abb. 39.

Boden des Hohlkernes bildet. Nachdem die Sandfüllung in die Unterkellerung ausgelaufen ist, und die dünne Kernwand den Schwindungserscheinungen des Gußstückes keinen nennenswerten Widerstand entgegensetzt, kann man, um in besonders schwierigen Fällen die Abkühlung des Hohlblockes zu beschleunigen, mit Hilfe eines Rohres kalte Luft oder einen Sprühregen von Wasser gegen die Innenwandung des Kernzylinders blasen.

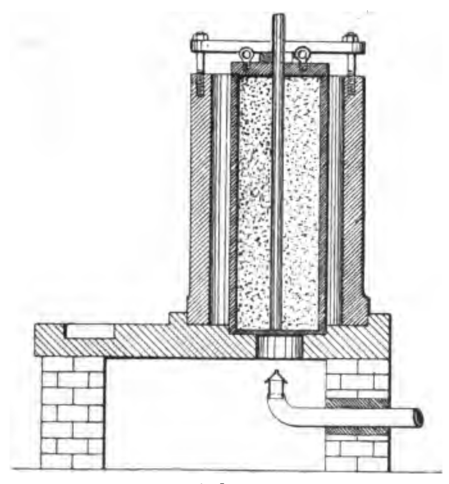


Abb. 40.

Eine andre Methode dem Kern ein Nachgeben gegenüber dem starken Schwinden des erstarrenden bzw. sich abkühlenden Hohlstahlgußblockes zu ermöglichen, ist von den Engländern Edward Cope und Alfred Hollings in Openshaw versucht worden. Diese Erfinder benutzen einen Doppelkern (wie er in Abb. 41 wiedergegeben ist), der aus einem innern, ziemlich starkwandigen und in der Länge

spitzkantig aufgeschnittenen Rohre *a* besteht (welches demzufolge elastisch oder zusammenziehbar ist) und aus einem äußern Mantel *c*, der aus einem dünnen Blech gebildet ist, das um das innere Rohrstück gerollt wurde.

Der so gestaltete Doppelkern wird in der Gießform mittels Führungen, Haltestücke oder dgl. zentrisch befestigt und das geschmolzene Metall umfließt nur den äußern Mantel desselben, so daß beim Erstarren das innere Rohr herausgenommen und, mit einer neuen äußern Ummantelung versehen, zu einem zweiten Guß benutzt werden kann.

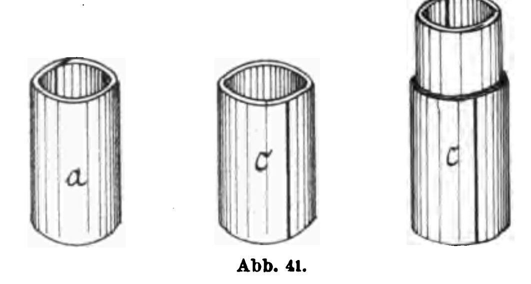


Abb. 41.

Bei all den bisher angeführten Gußverfahren geschah das Erstarren des flüssigen Stahls direkt an den Wandungen der Gießform und verlief für die ganze Oberfläche des Hohlblockes in fast derselben Zeiteinheit. Bei den nun folgenden Methoden sollen solche besprochen werden, wo das flüssige Arbeitsmaterial mittels Stempel, Dorn oder dgl. aus dem Einfüllbehälter herausgepreßt wird.

Als eine der ältesten derartigen Einrichtungen (in gewisser Hinsicht sehr an die Bleirohrpressen erinnernd) sei hier das Verfahren von Robert Elliot in Newcastle on Tyne erwähnt. Bei demselben wird,

wie aus Abb. 42 erkenntlich ist, das flüssige Metall in einen Zylinder eingebracht, an dessen einem Ende ein Mundstück eingelassen ist, in welches ein mit spiralförmig gewundenen Rillen versehenes Futter

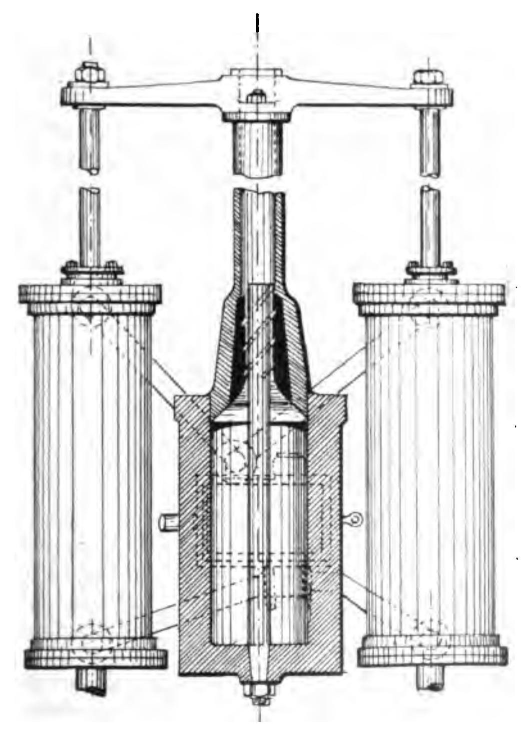


Abb. 42.

aus härtestem Stahl sitzt. Innerhalb des Einfüllzylinders, und zwar zentral angeordnet, ist eine Stempelstange eingebaut, welche mit dem freien Ende aus dem Mundstücke hinausragt. Sobald nun

der Einfüllzylinder mit geschmolzenem Metall besetzt ist und, vermittels hydraulischer Krafteinwirkung der Preßzylinder, der Gußmetallbehälter über das Mundstück geschoben wird, beginnt das flüssige Metall zwischen der Stempelstange und dem Futter des Mundstückes auszutreten und erhält, infolge seiner schnellen Erstarrung an der kalten Außenluft, eine mit spiralförmig verlaufenden Windungen versehene Rohrgestalt; wobei das zu einem Rohr verlängerte Mundstück die äußere und der Stempeldorn die innere Führung übernimmt. Die weitere Verarbeitung des Rohres erfolgt zweckmäßig auf einem normalen Rohrkaliberwalzwerk und der Ziehbank.

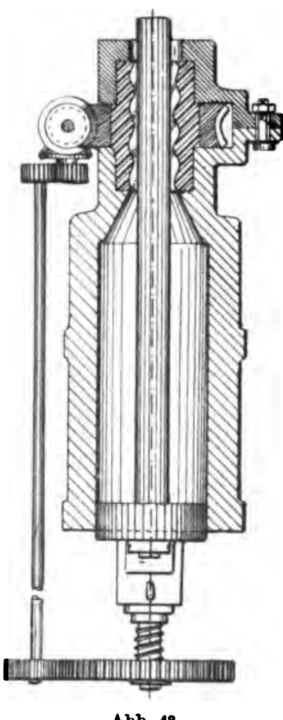


Abb. 43.

Abb. 43 veranschaulicht eine Modifikation desselben Arbeitsprinzips, bei welcher sich der Stempeldorn während seines Vorschubes dreht und auch das Futterstück eine rotierende Bewegung erhält.

In Abb. 44 ist ein Apparat zur Erzeugung von Stahlgußhohlzylindern dargestellt, wie er von August Pryn ersonnen worden ist.

Das flüssige Metall wird in die topfartige Aushöhlung der Bodenform eingegossen, bis seine Ober-

fläche den Rand des Erweiterungsringes erreicht hat. Alsdann erhält der Preßkolben, auf welchem eine Hülse, mittels Keil, in fixer Lage gehalten ist, Abwärtsbewegung, so daß sein kallottenartig ausgebildetes Ende eine geringe, meist Oxydationsprodukte aufweisende, Menge Metall verdrängt und zum Austritt in den Erweiterungsring nötigt, während das in der Aushöhlung verbleibende (und alsbald an ein Entweichen verhinderte) Metall durch den Druck des hydraulisch betätigten Kolbens, ähnlich wie bei dem Withworthschen Stahlverdichtungsverfahren, stark gepreßt wird. Hierauf wird der Arretierungskeil gelöst und beim weitern Niedergange des Kolbens schiebt sich das von ihm verdrängte flüssige Material über das Kopfstück des Kolbens, wobei es gleichzeitig die Hülse hochhebt, die ihrerseits dabei, vermöge ihres beträchtlichen Gewichtes, einen günstigen Einfluß auf die Gefügeverdichtung des entstehenden Hohlzylinders ausübt und seinen obern Rand regelmäßig gestaltet.

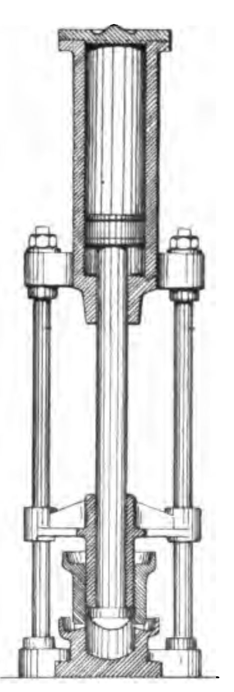


Abb. 44.

Eine zweite Bauart des Apparates mit horizontaler Wirkungsweise, bei welchem der Metalleinguß durch einen Trichter erfolgt, zeigt Abb. 45.

In Deutschland ist das Preßverfahren für flüssigen Stahl zur Fabrikation von Rohrbarren in neuerer Zeit durch Rudolf Kronenberg in Ohligs vertreten

worden. Seine unter Nr. 132211 patentierte Arbeitsweise beruht, mit Verweisung auf Abb. 46, darauf, daß in eine zum Teil mit flüssigem Stahl angefüllte (innen sauber appretierte und gehärtete) Kokille ein

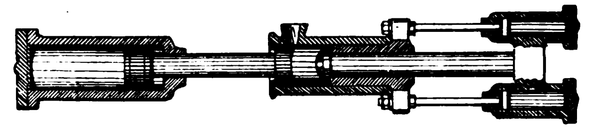


Abb. 45.

Dorn zentrisch eingeführt wird, der die geschmolzene Metallmasse durchlocht. Hierbei steigt das verdrängte Material hoch. Ueber den Preßstempel,

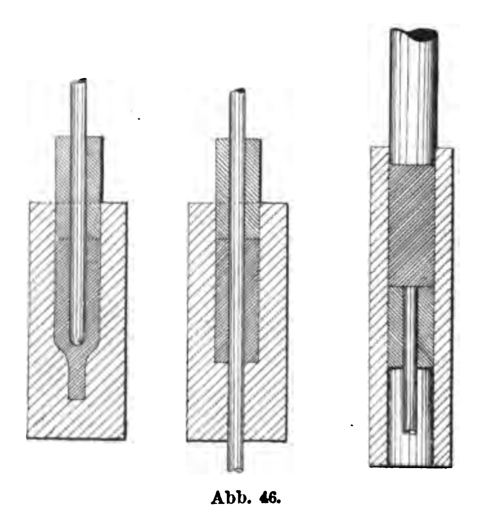


Abb. 46.

dessen Durchmesser der lichten Weite des zu erzeugenden Hohlblockes entspricht, ist noch eine Hülse geschoben, welche durch Federn oder Ge-

wichte belastet, auf das sich bildende Rohr einen Druck ausübt, und den Wandungen ein homogeneres Gefüge verleiht. Der auf der ersten Figur der Abb. 46 dargestellte untre Ansatz des gebildeten Rohrkörpers dient zum Anfassen bei der spätern Behandlung dieses Werkstückes auf der Ziehbank.

Soll das Rohr jedoch an beiden Seiten offen sein, so ist in die Gießform von unten ein zweiter Dorn bzw. Stempel einzuführen, welcher (beim Eingießen des flüssigen Metalls) die Form nach unten hin ab-

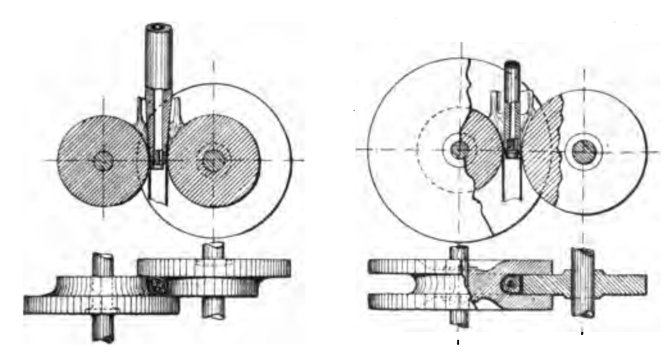


Abb. 47.

schließt, beim Niedergang des obern Stempels aber nachgibt bzw. von diesem verdrängt wird.

Als letzte Gruppe von Arbeitsmitteln zur Herstellung von gegossenen oder direkt aus dem flüssigen Metall erzeugten Hohlblöcken und Rohrzylindern seien nunmehr noch zwei typische Konstruktionen in den Kreis der Betrachtung gezogen, bei denen die Bildung des verlangten Hohlkörpers unter Mitwirkung von Walzen gedacht ist.

Die erste Ausbildungsform dieses Prinzips stammt von dem schwedischen Ingenieur C. P. De Laval in Stockholm und ist in Abb. 47 festgehalten.

Das geschmolzene, aber nicht mehr ganz dünnflüssige Metall wird um einen zwischen rotierenden Walzen eingeschobenen Dorn gegossen und von dem erstern mitgenommen. Um nach vorliegender Erfindung, bei der die Walzen hohe Flanschkränze haben, Rohre von nahezu gleicher Wandstärke herstellen zu können, darf der Dorn nicht kreisrund sein, sondern erhält im Querschnitt, an der Stelle, wo das Rohr gebildet wird, zwei Kanten, die rechtwinklig oder nahezu rechtwinklig zueinander stehen. Der Dorn ist hohl und (auf seinem in die Walzenkaliber hineinragenden Ende) mit einem aufgeschraubten, gelochten Stopfen versehen, durch dessen drei Austrittskanäle Kühlflüssigkeit austreten und das hier zu einem Rohrzylinder umgeformte, noch teigige, Metall rascher zur vollkommnern Erstarrung bringen kann. Ebenso wie der Dorn besitzen eventuell auch die Walzen Wasserkühlung.

Ein auf ganz analogen Gedanken beruhendes, aber in den Einzelheiten zweifellos erheblich verbessertes Verfahren, welches seine praktische Brauchbarkeit in Amerika bereits befriedigend dargetan haben soll, liegt in der Konstruktion von Edwin Norton in Maywood und Edmund Adcock in Chicago vor und ist in Abb. 48 illustriert. Die Walzen sind hier ganz normal kalibriert, d. h. ihr Formkranz bildet eine halbkreisförmig profilierte Rinne, jedoch sind sie nicht massiv, sondern hohl und ununterbrochen von Kühlwasser durchflossen, welches durch den Achsenzapfen eintritt und an zwei Leitungsansätzen, seitlich der Laufkranzperipherie in ein gemeinsames Ableitungsrohr ausfließt. Direkt oberhalb der Walzen befindet sich der Eingußtrichter für das flüssige Material, das von dort in einem tangential zu den Walzenflächen gerichteten Strom austritt. Durch den Eingußtrichter hindurch, dessen Spitze ungefähr gleichen Umfang hat als das Kaliber-

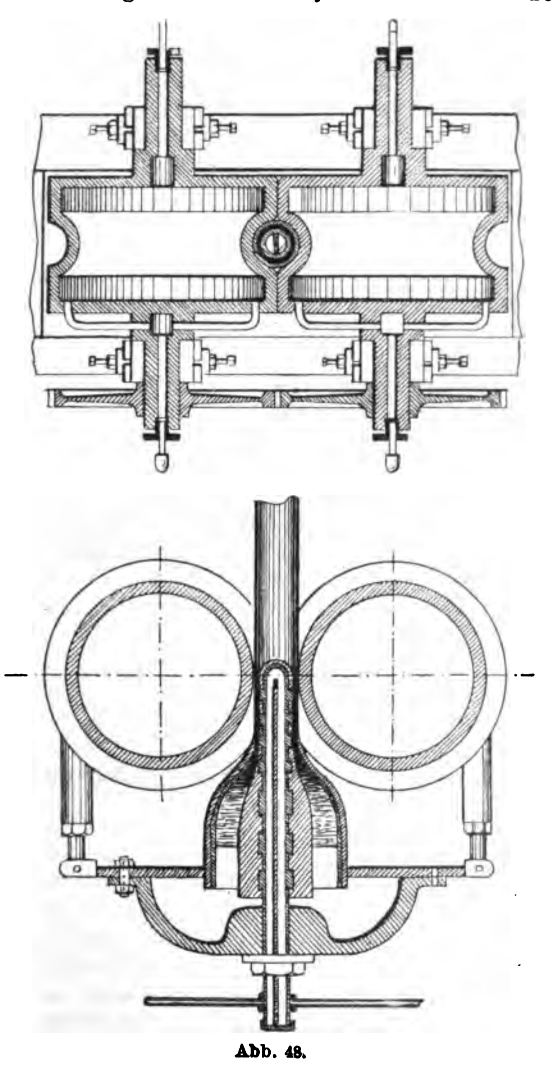


Abb. 48.

profil der Walzen, ragt ein feuerfest umkleideter hohler Dorn, der im Innern durch eine (nicht ganz durchzogene) Scheidewand in zwei Kammern geteilt ist, so daß das durchströmende Kühlmittel, mittels Druck in Zirkulation erhalten werden kann.

Außerdem besitzt der Dorn, dort wo er in den Trichter taucht, eine besonders dicke Schamottebekleidung, die einer Verbrennung und vorzeitigen Zerstörung durch die kontinuierliche Einwirkung der heißesten Metallpartie vorbeugt. Mittels einer Schraubenmutter kann der Dorn gehoben und gesenkt resp. eingestellt werden.

Hinter dem ersten, dem flüssigen Metall die feste Rohrgestalt gebenden Walzenpaare, empfiehlt es sich, noch ein zweites Walzenpaar anzuordnen, welches ebenso wie ein eventuell noch vorgesehenes drittes Rohrkaliberwalzenpaar, wertvolle und die spätere Fertigstellung des Rohres sehr vereinfachende und erleichternde Nacharbeiten übernehmen kann.

Vierter Abschnitt.

Herstellung nahtloser Rohrzylinder durch Walzung.

A. Mannesmannverfahren.

Unter den Mitteln und Werkzeugen, welche zur Verarbeitung des Eisens und Stahles im hüttenmännischen Massenbetriebe eine Rolle spielen, hat von jeher (d. h. so lange man es konnte!) das Walzwerk eine hervorragende und besonders beliebte Stellung eingenommen, und seine konstruktive Verbesserung und allgemeinere Anwendung zu möglichst

vielen Zwecken war stets das Streben vieler Techniker und Fachleute.

Indes so viele Fortschritte auf diesem Gebiete im Laufe der Zeit auch gemacht worden waren, die praktische Benutzung des Walzprinzipes war bis vor etwa 25 Jahren nicht über das Anwalsen von Erhöhungen, Vertiefungen oder Verbreiterungen an Stäben u. dgl. hinausgekommen und in den Spezialwalzverfahren zur Herstellung von geschweißten Röhren, Säulen, Radreifen, Torpedozylinder, Dampfkesselmäntel u. dgl. glaubte man schon an die Grenze der Verwendungsmöglichkeit des Walzwerkes gekommen zu sein und betrachtete diese Fabrikate als höchste, kunstvollste Aufgabe der Walztechnik.

Daß es möglich sei, auch Kugeln und Hohlkörper aus massiven Stahl- oder Eisenblöcken lediglich durch Walzarbeit zu erzeugen, das war, obwohl jedes Kind mit Brodklümpchen, Stockfarbe, Lehm oder dgl. plastischen Materialien, durch Walzarbeit mit den Handflächen oder Fingern, bereits Pillen und sonstige zylinderähnliche Gebilde geformt hatte, ein Gedanke, den der ernste Techniker als Spielerei bewertete oder ins Reich der Phantasie verwies. Vielleicht mag es eine Folge des bis dahin für Walzzwecke fast ausschließlich verarbeiteten Schweißeisens sein, welches zu seinen Querschnittsveränderungen eine tunlichst gleichmäßige Streckung aller Materialteile bedingte, und bei dem eine Verdrehung der Moleküle oder Gefügefasern als schädlich galt, daß niemand es vor der allgemeinern Einführung des weit duldsamern Flußeisens gewagt hatte, Vollkörper durch Walzen hohl zu drücken, jedenfalls wie dem auch sei, als im Jahre 1885/86 von Amerika her die Kunde kam, daß ein deutscher Ingenieur aus Vollblöcken, ohne Anwendung von Dorn und nur mit Hilfe rotierender Scheiben oder kaliberloser Walzen, Rohre und jedes beliebige

andre zylindrische oder abgestufte Hohlprofil herstellen wollte, da bedeutete das die Anfachung eines mächtigen Sturmwindes von Meinungen pro und kontra.

Es hat wohl kaum je ein Arbeitsverfahren gegeben, das so stark der Diskussion beteiligter und auch unbeteiligter Technikerkreise unterworfen war, und ein so gewaltiges Interesse unter Fachleuten erregte, wie das unter dem Namen „Mannesmann“ populär gewordene Schrägwalzverfahren. Nicht als ob (an der Erfindung sind zwei Brüder geistig beteiligt gewesen) sie, wie dies vielfach Annahme ist, durch ihre Erfindung den ersten Impuls zur nahtlosen Stahlrohrfabrikation gegeben hätten, denn England und Amerika hatten schon viel früher, wenn auch auf anderm Wege, in dieser Hinsicht Resultate zu verzeichnen; auch nicht als ob sie als Erfinder des Schrägwalzens anzusprechen wären, denn bereits 1879 hatte Alfred Longsdon in London und vor diesem noch mancher andre, z. B. A. Lismann im Brevêt français Nr. 92 667 vom 28. Juli 1871, Rotationskörper mittels schräg und gegeneinander versetzter Walzen bearbeitet, indes war die Anwendung nur zum Strecken, Glätten, Richten und Runden massiven Arbeitsgutes gedacht und fand damals wenig Beachtung. Die große Bedeutung, welche dem Verfahren auf einmal zuteil wurde und den Namen Mannesmann durch die ganze zivilisierte Welt trug, lag vielmehr in den kühnen Folgeschlüssen und Erweiterungsanwendungen, welche die Erfinder ihrer Neuerung anhefteten.

Diese Erweiterungsgedanken und praktisch in Angriff genommenen Ausführungen waren so grundsätzlich neu und aufsehenerregend, daß es vergeblich wäre, in der Geschichte der modernen Technik einen analogen Fall zu suchen.

Selbst hervorragend postierte, im höchsten Ansehen stehende Männer der Theorie und Praxis

schienen einen Augenblick den Kopf verloren zu haben, glaubten an der Pforte einer neuen Fabrikationsära zu stehen, wo fast jegliches Metallgebilde Produkt des Walzwerkes werden sollte, und weissagten insbesondere dem alten, blühenden Schweißrohrgewerbe einen alsbaldigen Tod.

Es sollte anders kommen, und das aus vollsten Lungen geblasene Loblied sollte für manchen, und zuletzt nicht für die Erfinder selbst, zur Quelle herber Enttäuschung werden. Obwohl mit geradezu märchenhaften Mitteln unterstützt (unter der Aegide der Deutschen Bank in Berlin wurde zum Betriebe des Verfahrens eine Aktiengesellschaft mit 35 Millionen Mark gebildet) und die Protektion höchster Militär- und Zivilbehörden besitzend, welche Kanonen, Flintenläufe, Lanzenschäfte usw. davon erwarteten, gelang es nicht, die mit überlauter Zeitungs- und Gesprächsreklame gemachten Ankündigungen und Verheißungen zu erfüllen.

Die anfangs doch nicht ganz unbeängstigt gewesenen Besitzer und Leiter gut und wertvoll eingerichteter Schweißrohrwerke konnten bald wieder aufatmen und nach einigen schwülen Abwartungsjahren die Erklärung abgeben, daß der neue Konkurrent nicht nur nicht ihren Absatz untergraben habe, sondern im Gegenteil die Konjunktur eine blühendere sei denn je. Gleichsam wie zum Hohne entstanden in Deutschland, Oesterreich, Frankreich, Rußland und Spanien großzügig angelegte Rohrwalzwerke nach der alten Fabrikationsmethode (mit Schweißnaht!), die alle prosperierten und nichts von der Gegnerin spürten.

Werfen wir nun einen Blick auf die Ursachen der mehr wie unvollkommen erfüllten Anfangserwartungen, welche das Mannesmannverfahren ausgelöst hatte, so ist es schwer zu entscheiden, wo der Fehler lag.

Einmal bereitete die praktische Durchführung der Methode selbst viele Schwierigkeiten (von denen noch die Rede sein soll), dann aber auch, und dies dürfte des Uebels Kern sein, hatte man das Verfahren, auf Grund der leider zu enthusiastisch vorgegangenen Anhänger, überschätzt.

Man hatte Illusionen zu erwecken gewußt, die weit über das praktisch Erreichbare hinausgingen. Denn wenngleich ursprünglich nur die Erzeugung von Röhren betont und ins Auge gefaßt war, enthielt die übrigens sehr unklare Patentschrift (die ersten diesbezüglichen Patente wurden in Amerika angemeldet und lauteten dort, wie auch die in Deutschland nachgesuchten, auf den Namen Dr. Fritz Kögel in Staßfurt) doch eine Menge von Anwendungsgebieten, wie die Formgebung von Winkelträgern, Schienen, an beiden Enden geschlossenen Hohlkörpern, Hohlkugeln u. dgl., die entweder verwirrend wirkten oder als Uebertreibung hätten zurückgewiesen werden müssen. In der Tat sind sie auch niemals im praktischen Verfolg der Erfindung ernsthaft Gegenstand der Fabrikation gewesen. Dazu kam des fernern, daß die das Patent ausübenden Erfinder (die ersten praktischen Versuche und Proben wurden im väterlichen Stahlwerk in Remscheid gemacht, wo die Firma A. Mannesmann als eine der bedeutendsten Feilenfabriken Europas ihren Sitz hat) ihre Arbeiten sehr geheim hielten, berufenen Interessenten oder Fachleuten jeden Einblick in die Werkstätte versagten und ihr Schaffen dadurch mit größter Geheimnistuerei umhüllten, welche naturgemäß zu schrankenlosen Phantastereien Veranlassung gab, während sie es aber andrerseits unkluger Weise zuließen, daß einzelne, bereits gewonnene Anhänger in hohen Lehr- oder Militärstellungen sowie Journalisten, d. h. Personen, denen im allgemeinen der praktische Scharfblick für derlei Sachen fehlte, und

denen leicht eine überraschende, unerwartete Augendemonstration mit den Arbeitseinrichtungen vorgeführt werden konnte) die Oeffentlichkeit mit Wundernachrichten überschwemmten.

Wie sehr aber gerade bei dieser, einen großen Teil der bis dahin geltenden Erfahrungen über den Haufen werfenden, Arbeitsmethode eine gründliche und praktische Nachprüfung notwendig war, davon gibt am besten eine Erklärung Zeugnis, welche Professor Hörmann in einer Sitzung des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes abgab:

> „Meine Herren", sagte er, „ich hatte Gelegenheit gehabt, dieses neue Verfahren genau zu studieren, und zwar als Mitglied des Patentamtes, wo ich diese Patentsache zu bearbeiten hatte. Als ich nämlich die Patent-Anmeldung durchlas, war es mir unmöglich, die technologischen Vorgänge, obgleich ich seit langen Jahren Technologe bin, mir im einzelnen klar zu machen, so daß ich mich in Remscheid selbst darüber unterrichten mußte."

Bezüglich der sachlichen Schwierigkeiten, welche sich der Durchführung des zweifellos genialen Verfahrens entgegentürmten und sein anfängliches Fiasko erklären sowie die ungeheuren Geldaufwendungen verständlich machen, ist zu bemerken, daß einzelne Maschinenteile und Konstruktionselemente erst unabhängig vom Schrägwalzprinzipe als solches gesucht und erfunden werden mußten, und obgleich schon sehr früh eine kleine Armee fleißiger Hände und kluger Köpfe für den Sieg des wichtigen Problems ins Feld geschickt wurden, es doch jahrelanger Bemühungen, komplizierter Neueinrichtungen und andrer Hilfsmethoden bedurfte, bevor man sich durch die zahlreichen Berge und Gebirge von Hindernissen zu einem endlichen kommerziellen Erfolge durchgerungen hatte.

Zum ersten Male seit ihrem Bestehen verteilte die Gesellschaft im Geschäftsjahre 1905/06 eine 5% Dividende, nachdem bis dahin stets mit Unterbilanz gearbeitet worden war, oder wenigstens der jeweilige Reingewinn des Unternehmens zur Tilgung früherer, vieler Millionen betragender, Verluste verwandt werden mußte.

Da über den jetzigen Stand der Deutsch-Oesterreichischen Mannesmannröhren-Werke noch zum Schluß dieses Kapitels einiges mitgeteilt werden soll, mag es nunmehr am Platze sein, über das Verfahren selbst zu referieren, dessen dokumentarische Grundlage das in Deutschland einem Dr. Fritz Kögel erteilte D. R. P. Nr. 34617 bildet. (In Amerika Nr. 361954 bis 361963, in England Nr. 1167 vom Jahre 1885.)

Bevor jedoch das Wesentlichste des Wortlautes der Patentschrift angeführt sei, dürfte es sich, weil deren weitläufige Abfassung kaum ausreichend ist, die fremdartigen Arbeitsvorgänge zu erklären, empfehlen, einige leicht faßliche Erläuterungen vorauszuschicken, die zum Teil in Anlehnung an einen Vortrag des verstorbenen Professors der Berliner Technischen Hochschule F. Reuleaux entstanden sind. Dieser hochverdiente Gelehrte, der auch Lehrer der Erfinder war, als geistiger Begründer der Kinematik, oder der Lehre von den Zwangslaufmechanismen unvergessen bleiben wird, und neben Männern wie Friedr. Siemens, Torka, Prof. Leobner und vielen andern Geistesgrößen zu den ersten und begeistersten Anhängern der Sache gehörte, entwickelte das Prinzip des Mannesmannschen Schrägwalzverfahrens (in einer Sitzung des Berliner Bezirksvereins Deutscher Ingenieure am 16. April 1890) in Anschluß an die Arbeitsweise eines normalen Reibräderwerkes, wie es dem gewöhnlichen Walzwerk zugrunde liegt.

Bei diesem wird das Werkstück, wie Abb. 49 zeigt, zwischen zwei Walzen, von denen die eine

links, die andre rechts umläuft, dünner gequetscht und vorwärts geschoben, oder, falls der Zwischenraum, den die Walzen frei lassen, gleich der Werkstückhöhe ist, nur vorgeschoben. Denken wir uns nun das Werkstück als Zylinder ausgebildet und auf einer

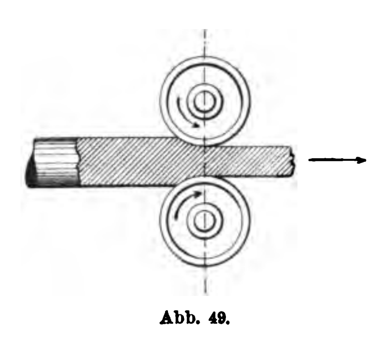


Abb. 49.

runden Achse verschiebbar, oder sofern beide fest verbunden sind, die Achse so gelagert, daß ihr Gelegenheit zu Längsverschiebungen gegeben ist, dann wird, falls die Angriffswalzen schräg und mit gleicher Kraft gegen das Werkstück drücken sowie im gleichen Drehsinn rotieren, dieses mit gleichzeitiger Drehbewegung vorwärts geschoben werden bzw. seine

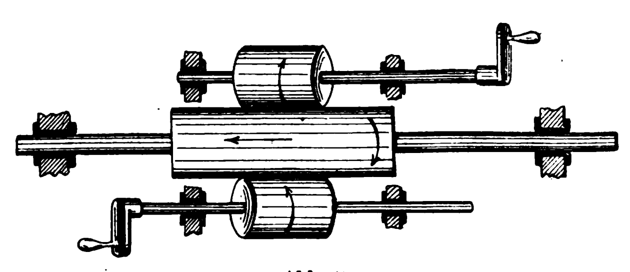


Abb. 50.

einzelnen Moleküle beschreiben den Weg einer Spirallinie, deren Steigung von der Schrägstellung der Druckwalzen abhängt, wie dies aus Abb. 50 ersichtlich ist. Sobald jedoch das eine Lager des Werkstückzylinders nicht mehr frei gleiten kann, sondern durch irgendwelche Klemmittel gebremst und an seiner Bewegung gehindert wird, wird das Werkstück, auf dem die Walzen etwa am Ende einwirken mögen, durch den Druck derselben vorn länger gequetscht, und zwar werden es selbstredend in erster Linie die von den Druckwalzen direkt berührten Materialteilchen der Werkstückoberfläche sein, welche in der von den Walzen hervorgerufenen Schubrichtung vor-

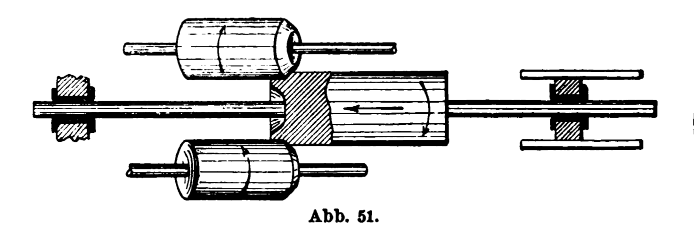


Abb. 51.

und über die ursprüngliche Gestaltsgrenze des Werkstückes hinausgedrängt werden (s. Abb. 51).

Damit die Walzen diesen Zweck (der Materialoberflächenverschiebung des Werkstückes) noch besser erfüllen können und nicht etwa Gefahr laufen, auf dem Werkstücke zu gleiten, denke man sich die Mantelflächen aufgerauht oder mit spiralförmig laufenden Treibwülsten versehen, welche sich in das glühende, also bildsam weiche Werkstück eingraben und es so besser fortschieben können.

Für die praktische Verarbeitung eines Eisenblockes in dem hier angedeuteten Verfahren sind allerdings damit noch nicht alle Hindernisse fortgeräumt, denn es muß auch dafür Sorge getragen

sein, daß der Block sich bewegen kann und doch dabei der Bremswirkung, welche zu seiner Materialteilchenverdrängung notwendig ist, unterworfen bleibt. Das Mittel hierzu besteht darin, daß man die Enden der Treibwalzen kegelförmig abstumpft, so daß der Block beim Eintrieb zwischen die Walzen konisch zugespitzt wird, in seinem schnellen Fortschreiten also ein Hindernis findet.

Kommt er nun zu der engsten Durchgangsstelle bzw. zum zylindrischen Flächenteil der Walzen, d. h. in den Kraftbereich der vorwärts drängenden Triebteile, dann wollen ihn diese schneller vorschieben, als es dem sich dahinter befindlichen, dickeren Konusteil gestattet ist, und die Folge ist, daß die vordern Werkstückpartikelchen vorauseilen und eine becherartige Vertiefung im Kopfe des Blockes erzeugen, welche langsam vorrückt, während neue Teile des Blockes unter die Treibpartie der Walzen gedrängt werden, und wieder eine becherförmige Umgestaltung erfahren. Es ist gleichsam, als ob der Boden der entstandenen Kelchaushöhlung sich in den Block hinein versenkte, obwohl in Wirklichkeit dieser Boden oder der tiefste Höhlungspunkt sich nicht verrückt, sondern stets neue Becherränder vordrängen und in ihrer Aufeinanderfolge ein Zylinderstück bilden.

Man hat den Vorgang, der im übrigen auch recht deutlich aus einem in Abb. 52 dargestellten Versuchsmodell entnehmbar ist, sehr häufig mit der Arbeitsverrichtung eines Töpfers verglichen, der bekanntlich auf seine Formscheibe einen Klumpen (Block) bildsamen Tones bringt und dieser eine rasche Drehbewegung erteilt, wobei er gleichzeitig von außen mit den Fingern oder einem Modellierholz dagegen drückt, so daß die berührten Teile des Tonklumpens sich langsam nach oben bewegen und eine Kelchgestalt annehmen.

8*

Es ist natürlich keineswegs notwendig, dem treibenden Teil der Walzen eine zylindrische Fläche zu geben, und man wird sogar aus kinematischen Gründen kegelstumpfartige, mit Treibwulsten oder Einkerbungen versehene Walzen, welche demzufolge nur mit einem Treibrand wirken, vorziehen.

Eine interessante Frage, die wegen ihrer verblüffenden Folgeerscheinung hier nicht übergangen

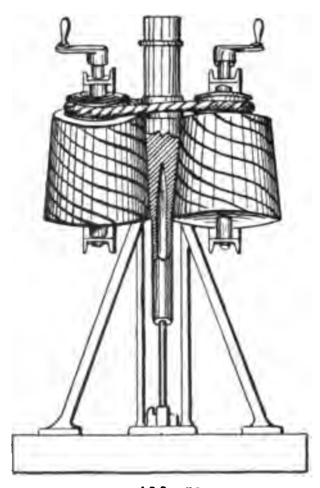


Abb. 52.

werden darf, ist nun die: Was geschieht mit dem Massivblock, wenn derselbe konisch oder in seiner Stärke abgestuft ist, und das dünnere Ende, dessen Querschnitt geringer sei als der Abstand zwischen den Treibflächen oder Treibrändern der Arbeitswalzen, zuerst das Schrägwalzenpaar passiert? Die Antwort kann nur die eine sein, daß dieser dünnere Querschnitt ohne Ver-

änderung den Walzapparat durchläuft und die Höhlungsbildung erst stattfinden kann, wenn solche Blockstärken durch das Walzwerk müssen, die in ihrem Querschnitt den Durchlaß der Walzen überschreiten, also Quetschungen bzw. Materialverschiebungen erleiden.

Und doch kam man aus dem Staunen nicht heraus, als die Erfinder die Frucht dieser Antwort

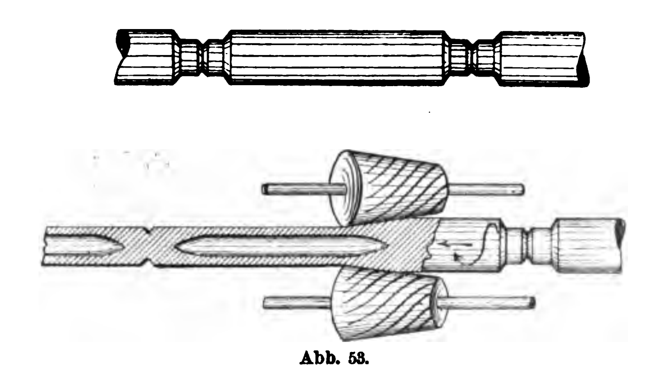


Abb. 53.

in Gestalt der sogenannten Kokonröhren (in der Form verwandt mit dem Aufbau der Seidenkokon) vorlegten, d. h. Röhren vorwiesen, welche an beiden Enden geschlossen waren, ohne daß man diesen Verschluß durch Verschweißung oder sonst eine Nacharbeit hervorgerufen hätte.

Um dies zu verstehen, vergegenwärtige man sich nochmals das Angeführte und denke sich an Hand der Abb. 53 den Massivblock mit auf der Drehbank oder unter einem Gesenkhammer erzeugten Einschnürungen versehen. Gelangt dieses Werkstück zwischen die schräggelagerten Kegelstumpfwalzen, so wird, auf Grund der gegebenen Erklärungen und Wirkungsweise des Walzwerkes, der dickere Teil

des Massivblockes röhrenförmig ausgebildet. Sobald aber der Einschnürungsring die Stelle passiert, wo der Walzendurchmesser am größten, die Durchgangsöffnung aber am kleinsten ist (ohne indes für seinen Durchgang ein Hemmnis zu bilden), wird sie schnell da durcheilen und unverarbeitet, d. h. massiv geblieben, sich im Arbeitsstücke befinden. Erst wenn die Walzen wieder den nachfolgenden dickeren Teil bearbeiten, setzt sich die Rohrbildung fort.

Auf diese Weise lassen sich, wie man sieht, aus einem Stück hohle, an beiden Enden geschlossene Transmissionswellen herstellen, die infolge ihres leichtern Gewichtes bedeutend weniger Reibung in den Lagern verursachen und deren Entfernung (die sonst bei massiven Wellen nicht gern über $3^1/_2$ m gewählt wird) auf 5 bis 6 m gestatten. Um ein praktisches Anwendungsbeispiel anzuführen, sei erwähnt, daß eine massive 200 m lange Schmiedeeisenwelle von 100 mm Dicke, bei 210 Umdrehungen pro Minute und 100 pferdiger Kraftübertragung, ca. 25 % ihrer Uebertragungskraft durch Reibung in den Lagern aufzehrt, während eine hohle Rohrwelle, bei derselben Leistungsfähigkeit von 150 mm äußerm Durchmesser und 7 mm Wandstärke, nur ca. $^1/_3$ wiegt und ihre Reibungsverluste höchstens 8 Pferdestärken betragen, mithin ca. 17 PS. gespart werden.

Es lag die Vermutung nahe, daß in dem Hohlraume dieser Konkonröhren vollkommene Luftleere herrschen müsse, allein die genauen und sorgfältigen Versuche von Prof. Finkner, der, wie den Mitteilungen aus den königlich technischen Versuchsanstalten zu Berlin (Jg. 1889, S. 14) zu entnehmen ist, mehrere solcher Hohlräume analytisch untersuchte, ergaben beispielsweise bei einem Rauminhalte von 123,4 cbm etwa 9 cbm Gas, welches aus 99 % Wasserstoff und rund 1 % Stickstoff bestand. Diese stets wiederkehrende Tatsache gab einen ganz merk-

würdigen und interessanten Beitrag zur Stahltheorie, denn das Material der Rohre, welches nach chemischer Prüfung aus 0,46 % Kohlenstoff, 0,25 % Silizium, 0,022 % Phosphor, 0,11 % Schwefel, 0,23 % Mangan und sehr geringen Spuren von Kupfer zusammengesetzt war, gab dafür keine Erklärung.

Man nimmt an, daß der hohe Wasserstoffgehalt im Hohlraume daher stammt, daß das bei seiner Verarbeitung glühende Eisen den in der Luft enthaltenen Wasserdampf in seine Bestandteile, Sauerstoff und Wasserstoff zersetzt und beim Abkühlen der Kokonröhre sich dann der Sauerstoff mit dem Eisen verbindet, während der Wasserstoff in die ursprünglich luftleere Höhlung durchdiffundiert.

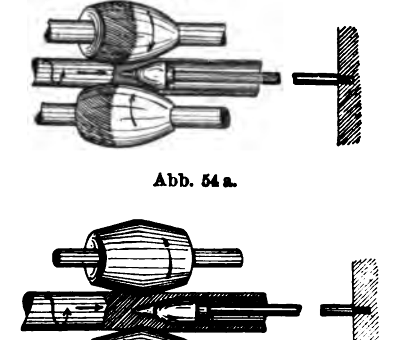


Abb. 54 a.

Abb. 54 b.

Bisher waren den Betrachtungen über das Mannesmann'sche Arbeitsprinzip stets Walzen von zylindrischer, kegelstumpfförmiger oder, was auf das Gesagte genau so gut passen würde, konoidaler Gestalt (s. Abb. 54 a u. b) zugrunde gelegt, deren Achse schräg zum Werkstück gelagert waren.

Die damit hervorgerufene schraubenförmige Vorwärtsbewegung und Würgung des Werkstückes, welche von der absoluten Walzenlänge unabhängig ist, tritt aber auch ein, bzw. dieselbe gleichzeitige Verschiebung, Drehung und Bearbeitung des Blockes

wird hervorgerufen, wenn die Walzkörper nur dünne, flache, gegeneinander geneigte Planscheiben sind, von deren wagerechten Achsen die eine etwas höher liegt als die andre (s. Abb. 55). Ist die Dicke der Scheiben unendlich klein und nimmt man an, daß ein Gleiten zwischen Scheibenrand und Außenfläche des Werkstückes nicht stattfindet, dann wird die Geschwindigkeit des schraubenförmigen Vorschubes einzelner Werkstückpunkte gleich der Umfangsgeschwindigkeit der einzelnen Walzscheibenpunkte, welche auf die verschiedenen Berührungspunkte mit dem Werkstücke einwirken. Daraus folgt, daß dem Werkstück an seinen verschiedenen Stellen auch ganz verschiedene Geschwindigkeiten erteilt werden, daß also wiederum die vordern Außenteilchen des Werkstückes, welche das Maximum der Geschwindigkeiten besitzen, voreilen müssen und (ähnlich wie bei dem Gespinst eines Drahtseiles) eine stärkere Verdrehung und Verschiebung erfahren als die der Blockachse oder -mitte zu gelagerten. Die Mantelschicht des Werkstückes (es ist dieses immer als zylindrischer Block gedacht) wird mithin längs der Achsenrichtung in einer Schraubenlinie schnell fortgezogen, während die Kernmasse zurückbleibt und sich nur ganz langsam vermindert, um zum Schluß, wenn das fertige Rohr die Walzen verläßt, als Boden desselben zurückzubleiben.

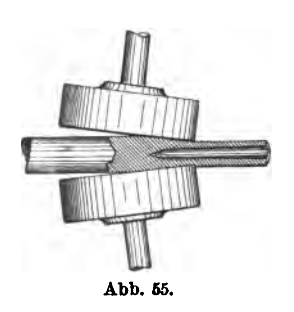


Abb. 55.

Durch Vorhalten eines Dornes, in der später noch zu beschreibenden Weise, läßt sich dieser Uebelstand allerdings beseitigen und an beiden Enden offenes Rohr herstellen.

Diese kurz angedeutete Theorie ist jedoch insofern für die völlige Erklärung des Mannesmann-Prozesses noch nicht ausreichend, da die Erfinder tatsächlich, für Demonstrationszwecke auch ohne Anwendung eines in die Höhlung eingeführten Dornes, an beiden Enden offene Röhren durch Schrägwalzung erzeugt haben und es dürfte daher notwendig sein, das Vorgebrachte noch durch einige weitere, leicht verständliche theoretische Betrachtungen zu ergänzen, um so mehr da sie den Vorgang der Rohrbildung in mancher Beziehung etwas anders erklären, als es im Vorangegangenen geschehen ist.*)

Legen wir diesmal unsern Betrachtungen die Abb. 55 zugrunde, d. h. ein Walzenpaar das aus zwei Planscheiben mit entgegengesetzt drehender Bewegung und in verschiedenen Ebenen gelagerten Achsen besteht, so wird (nach der Theorie des bekannten und verstorbenen Rohrfachmanns Balke, der im wesentlichen hier gefolgt ist), einem zwischen gesteckten Rundstabe oder Block eine schraubenförmig fortschreitende Bewegung mitgeteilt, weil die arbeitenden Punkte der Planscheiben keine senkrechte Bewegungsrichtung haben.

Die Ganghöhen der schraubenförmigen Bewegung vergrößern sich, je mehr die Achsenstellung der Walzen von derjenigen in einer Ebene abweichen.

Bei dem Planscheibenwalzwerk der Abb. 55 liegt, wie in Abb. 56 dargestellt ist, die Arbeitslinie $a—b$ zwischen den beiden horizontalen Ebenen, welche durch die Achsen der Scheibenwalzen gehen. Aus

*) Ein sehr lesenswerte und treffende Darlegung der Theorie des Mannesmann-Prozesses, auf die aber hier, wegen der auf Wunsch des Verlegers auszuschaltenden Anwendung höherer Mathematik, nicht eingegangen werden durfte, entstammt der Feder des Ingenieurs J. Torka. Abgedruckt in der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure Jg. 1888, Seite 842 bis 846 und 863 bis 868.

dem Umstande nun, daß jeder folgende Punkt der Arbeitslinie von a nach b eine, seinem Radius entsprechende, größere Umfangsgeschwindigkeit hat, folgt eine Beschleunigung der schraubenförmig stattfindenden Fortbewegung der Blockoberfläche, sofern sich dieser (was angenommen wird) in einem plastischen und dehnbaren Zustande befindet, d. h. hell glühend ist. (Ist der Block kalt und aus sehr hartem Material, d. h. nur in sehr geringem Maße dehnbar, dann gleitet er zwischen den Walzscheiben und gibt jene Erscheinung, die, zum Runden, Richten und Glätten für Rohre und Rundstäbe in einem Schrägwalzwerk, schon lange vor Mannesmann bekannt war und benutzt wurde.)

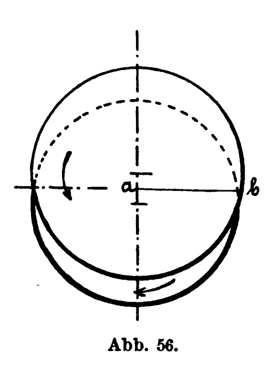


Abb. 56.

Nehmen wir die der Blockoberfläche mitgeteilte Umdrehungsgeschwindigkeit in dem Punkte 1 als gleich v an, so ist sie, notwendigerweise, im Punkte $2 = 2\,v$, im Punkte $3 = 3\,v$ usw., bis sie im Punkte x den Wert xv erreicht.

Da nun die Umfangsgeschwindigkeit in jedem folgenden Punkte der Arbeitslinie größer ist und ein Gleiten angenommenermaßen nicht stattfinden soll, so muß eine Dehnung oder Verlängerung der Blockoberfläche in der Richtung der erwähnten Schraubenlinie erfolgen, d. h. eine seitliche Verschiebung der Materialteilchen auf Kosten der nebenliegenden Gefügefasern eintreten. (Beim Strecken eines Stabes durch Zug suchen die parallelen Gefügefasern sich einander zu nähern.)

Im vorliegenden Falle kann die Dehnung am Umfange des Blockes nur durch Heranholung des

weichen Kernes geschehen, dessen Fasern auseinandergerissen werden und nach außen wandern.

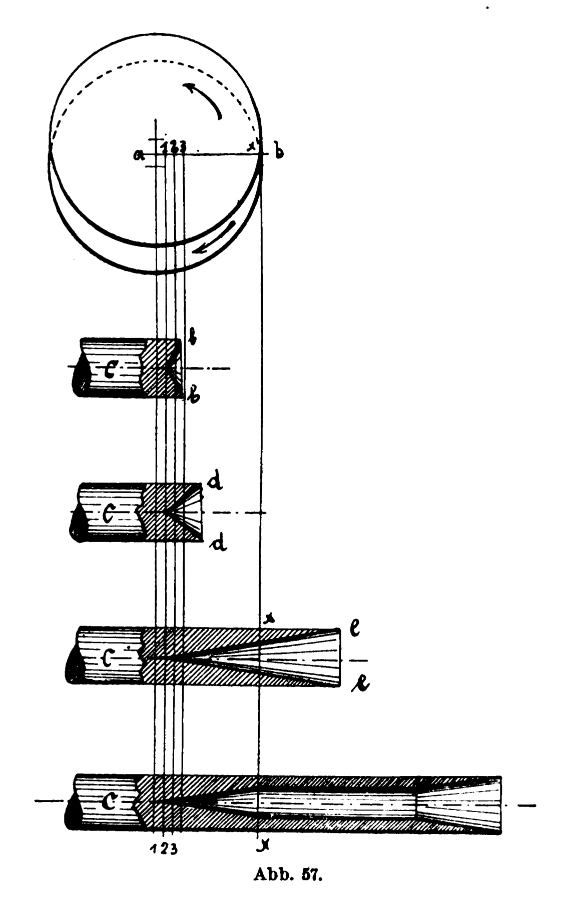


Abb. 57.

Die pressende Wirkung der Planscheiben oder Walzen gegen das entstehende Rohr ist nicht gleich-

bedeutend dem Drucke beim gewöhnlichen Walzen, weil hier der innere Gegendruck fehlt. Die gesamte, aufgebotene Deformationskraft wirkt nur tangential auf das Werkstück und bewirkt somit nur ein Ausziehen des Block- oder Rohrkörpers, ohne größere Pressung, als zum Mitreißen der Werkstückoberfläche erforderlich ist.

Der Hergang läßt sich am besten an Hand der Abb. 57, durch Verfolgen der einzelnen Punkte der Arbeitslinie $a - b$ der Abb. 56 veranschaulichen.

In Punkt 1 erhält der Block die Umfangsgeschwindigkeit v und gleichzeitig die schraubenförmige Fortbewegung und Beschleunigung, so daß er bei Ankunft in Punkt 2 die Umfangsgeschwindigkeit $2\,v$ besitzt. Die Oberfläche muß dabei auf $1\,b$ gestreckt werden, und zwar so, daß der Rotationskörper $1\,b \cdot c$ gleich ist dem kubischen Inhalte des Zylinders 1 bis 2. Beim weitern Fortschreiten des Blockes und der auf $3\,v$ usw. anwachsenden Umfangsgeschwindigkeiten wird seine Oberfläche auf $1\,d$, $1\,e$ usw. gedehnt, und zwar wiederum so, daß der Rotationskörper $=$ $1\,d \cdot c$ gleich ist dem kubischen Inhalte des Zylinders 1 bis 3. Bei noch weiterm Fortschreiten des Blockes und Vergrößerung der Umfangsgeschwindigkeit bis $x \cdot v$ wird die Oberfläche des Werkstückes bis auf e gedehnt, und zwar abermals so, daß der Rotationskörper $1\,e \cdot c$ gleich ist dem kubischen Inhalte des Zylinders 1 bis x. Ein weiteres Fortschreiten der Arbeit läßt dann den letztern Fall unverändert, d. h. die Wandstärke wird durch die Linie x bestimmt, was zur Folge hat, daß je größer der Planscheibendurchmesser ist, je geringer die Wandstärke des entstehenden Rohres ausfällt.

Bei Anwendung von Walzen anstatt der Planscheiben, läßt sich die Form derselben leicht so bestimmen, daß die nach Art des Materials erforderliche

größere oder geringere Beschleunigung in der schraubenförmigen Fortbewegung erreicht wird.

Nachdem durch diese einleitende Darstellung, wie der Verfasser hofft, das Prinzipielle der Schrägwalzmethode (die aber noch keineswegs ausreicht), völlig gesunde Rohre zu konkurrenzfähigen Preisen herzustellen und deshalb mit noch andern, ebenfalls von Mannesmann erfundenen Einrichtungen zu vervollständigen ist) dem allgemeinen Verständnisse näher gerückt ist und ein rohes Bild des grundlegenden Fabrikationsgerippes gewinnen läßt, sei dasjenige der verworrenen deutschen Patentschrift Nr. 34617 im Wortlaut wiedergegeben, was auf die Rohrfabrikation direkten Bezug hat oder von den Erfindern damit anfangs in Verbindung gebracht wurde bzw. für die Ziele und Bestrebungen der Erfindung charakteristisch ist.*)

*) Dieses grundlegende Patent der Mannesmann-Röhrenwerke war bereits 1894 Gegenstand eines Angriffes im Nichtigkeitsverfahren geworden, wobei ihm eine große Anzahl deutscher, englischer und amerikanischer Patentschriften entgegengehalten wurden. In der Entscheidung vom 27. Juni 1895 wurde es jedoch in seinen wesentlichen, besonders auch für die Herstellung von Röhren in Betracht kommenden Teilen vom kaiserlichen Patentamte aufrecht erhalten und durch eine weitre Entscheidung des Reichsgerichtes in Leipzig, vom 21. März 1896, in der vom Patentamt festgesetzten Fassung der Ansprüche bestätigt. Das Reichsgericht sagt in der Begründung, daß es in Uebereinstimmung mit dem kaiserlichen Patentamte festgestellt habe, daß vor Mannesmann noch niemand mittels des Schrägwalzverfahrens aus massiven Blöcken glatte oder profilierte Rohre, mit oder ohne Dorn, bzw. profilierte Gegenstände überhaupt hergestellt hat — resp. noch niemand vor Mannesmann Werkstücke mit einem einzigen Durchgang durch die Walzen auf einen beliebig geringen Querschnitt gebracht hat. Es behauptet ferner, festgestellt zu haben, daß die meisten ältern Patentschriften sich nur auf unausführbare Vorschläge beschränken. Durch diese Entscheidung ist ein weitrer Nichtigkeitsangriff in Deutschland gesetzlich nicht mehr zulässig und das Patent Nr. 34617 in unangreifbarer Weise anerkannt.

Alle bisherigen Walzwerke erfordern zur Herstellung dünnerer Dimensionen aus dickeren Stücken oder Blöcken die Anwendung vieler aufeinanderfolgender Kaliber, welche zum Teil nur für ganz bestimmte Dimensionen zu gebrauchen sind. Durch die vorliegende Erfindung soll ein Universalwalzwerk geschaffen sein, auf welchem man zwischen zwei oder mehreren Walzen, lediglich unter Auswechslung ganz minimaler Teile, zwischen denselben Walzen verschiedene Dimensionen aller erdenklichen Arten von Profileisen usw. oder aus massiven oder hohlen Blöcken alle Sorten Röhren, wie z. B. Wellrohre, Schraubenrohre, Rohre mit Heizrippen usw., sowie eine ganze Anzahl bisher überhaupt auf keine Weise zu walzender Querschnittsformen herstellen kann.

Um den genannten Zweck zu erreichen, wendet der Erfinder verschiedene (acht) Hilfsverfahren und deren Kombinationen an.

Das erste Hilfsverfahren besteht darin, unter periodischer Kompression dem Stabe beim Aus- und Eintrittsende eine so verschiedene Rotation zu geben, daß dadurch den Außenfasern eine seilartige Windung erteilt wird. Man erreicht dadurch eine größere absolute Festigkeit des Walzproduktes, stärkere Kontraktion beim Zerreißen, und eine allseitige Kompression beim Auswalzen zwischen offenen Kalibern, vermöge welcher beim Schräg- oder Querwalzen, ohne Zerbröckelung des Materials, beliebig starke Querschnittsverminderungen vorgenommen werden können. Zu diesem Zwecke läßt man die Blöcke zwischen zwei Planscheiben oder zwei bzw.

mehreren konisch oder sonst entsprechend geformten Walzen rotieren und langsam sich fortbewegen. Bei dem so gebildeten offenen Kaliber wird infolge verschiedener Rotationsgeschwindigkeit der Enden des Werkstückes eine drahtseilartige Drehung der Faser erzeugt. Die außen gelagerten Fasern setzen der hierbei entstehenden Längung einen entsprechenden Widerstand entgegen und erzeugen dadurch einen nach innen gerichteten allseitigen Druck, der die seitliche Breitung aufhebt und ein geschlossenes Kaliber unnötig macht.

Das Werkstück durchläuft nun successive stets eine engere Stelle zwischen den Scheiben bzw. Walzen und wird dadurch ohne Ueberanstrengung des Materials auf jede beliebige dünne Dimension gebracht. Sind die Enden der Walze, welche das Werkstück zuletzt passiert, profiliert, so erhält das fertige Stück das entsprechende Profil. Die Zugfestigkeit, die Dehnung und Kontraktion des Eisens wird durch diese seilartige Faserlagerung wesentlich erhöht, weil die Zugkraft die steilartig gewundenen Fasern aneinanderpreßt und dadurch eine Vergrößerung des Widerstandes hervorbringt, welchen dieselben einem Verschieben gegeneinander, also einem Zerreißen, entgegensetzen. Aus demselben Grunde wird durch diese erste Methode des Auswalzens die Kontraktion, die Dehnung und die Elastizitätsgrenze für seitliche Durchbiegung erhöht. Während man nach dem bisherigen Prinzip des Streckens bzw. Auswalzens von Profilen stets den Stab auf der ganzen Länge etwas verdünnte, ehe der erste Teil einer weitern teil-

weisen Verdünnung unterzogen wird, und immer zwei gegenüberliegende Längsseiten über den ganzen Stab in Angriff genommen werden, werden hier beim Walzen der gleichen Querschnittsformen zunächst gleichzeitig alle diejenigen Punkte des Werkstückes in Angriff genommen, welche auf derselben Peripherie liegen und sowohl in bezug auf den gewünschten Inhalt des Querschnittes als auch in bezug auf die gewünschte Form desselben fertig gewalzt, ehe man den rohen Block weiter gehen läßt. Es liegen also gleichsam sämtliche Vorkaliber und das Fertigkaliber unmittelbar nebeneinander bzw. fließen ineinander über. Man erspart hierdurch das wiederholte Durchstechen des Werkstückes in die Walzen und vergrößert die Produktion.

Die Planscheibenwalzen stehen am besten mit horizontalen Achsen etwas geneigt gegeneinander und die eine Achse höher als die andre. Beide Achsen liegen in symmetrisch gebauten Ständern, von denen jeder mittels Paßstücken und Schrauben mit einer festen Grundplatte solide verbunden ist. Durch Aenderung der Paßstücke kann die gegenseitige Neigung der Achsen in der Horizontalen verändert werden, indem die Planscheibenständer sich hinten in dem Rand der Grundplatte drehen, und zwar um den Punkt, in welchen die Maschinenkraft eingeleitet oder weitergeleitet wird. Es ist nun möglich, durch Variierung der Exzentrizität der beiden Scheiben und der Neigung gegeneinander jeden beliebig geringen Grad von jedesmaliger Formveränderung in jedem Punkte der Scheiben zu erreichen,

da mit abnehmender Exzentrizität die Schraubenlinie, welche der einzelne Punkt des Werkstückes zwischen den Scheiben beschreibt, immer enger wird, also die jedesmalige Formveränderung sich verringert. Ebenso wird, wenn die Mittelpunkte der Scheiben sich bei gleichbleibendem nächsten Peripherieabstand genähert werden, der Konus, welchen das Werkstück beim Uebergang von der dicken zu der gewünschten dünnern Dimension durchläuft, verlängert, die Streckung also allmählicher in einer größern Anzahl von Rotationen stattfinden. Gerade wegen der Regulierbarkeit der jedesmaligen Formveränderung kann bei jedem Metall, entsprechend seiner Dehnbarkeit bei der betreffenden Temperatur, die Dimension des fertigen Stabes beim Austritt beliebig dünn gemacht werden, ohne das Metall zu überanstrengen. Die schraubenförmige Windung der Faser kann größer oder stärker gemacht werden, je nachdem man das Werkstück langsamer oder rascher durchgehen und näher am Mittelpunkte der Scheiben oder mehr nach der Peripherie hin angreifen läßt, d. h. je mehr man die Neigung der Scheiben gegeneinander variiert. Möglichst stark macht man die seilartige Windung der Faser für Eisen, welches zur Fabrikation von Schraubenmuttern, Ketten, Drahtseilen, Bindedraht, Gewehrläufen und Röhren dienen soll und für alle Zwecke, wo die seilartige Faserlage entweder die Eigenschaften des Produktes verbessert oder das Aussehen desselben verschönert.

Das zweite und dritte Hilfsverfahren der in der Patentschrift erläuterten Arbeitsmethode ist für die

hier in Betracht kommenden Zwecke sowie für die praktisch überhaupt erreichbaren Ziele des Patentes nicht von Bedeutung und mag eventuell dort nachgelesen werden.

Dagegen ist aus der unter 4. rubrizierten Walzmethode zu vermerken, daß die Erfinder durch die Schrägwalzen das Werkstück so energisch fassen und vorwärts drücken wollen, daß es sich in jede beliebige Form von Druckeisen hineinpreßt und in demselben die gewünschte Querschnittsgestalt erhält. Bedingung für die praktische Ausführung ist, daß das Druckeisen im wesentlichen nicht mehr die absolute Größe des Querschnittes zu verkleinern, sondern nur das Werkstück in eine andre Querschnittsform zu bringen braucht. Das Druckeisen ist beim Schrägwalzwerk vorteilhaft drehbar zu wählen, am besten mit Halslagern, damit nicht die Faserlage durch das Druckeisen verändert wird.

An fünfter Stelle bespricht der Erfinder eine Methode, bei der er jede beliebige, auch nicht runde Querschnittsform (z. B. I-, T-Träger usw.) dadurch herstellen will, daß er möglichst harte, am besten vorn konische Metallstücke in kaltem Zustand und während des Walzens sich in das glühende Werkstück eindrücken läßt, die dasselbe meist zu runder Querschnittsform ergänzen. Während das Werkstück dabei durch den Druck der Walzen nach vorn bewegt wird, hindert man diese kalten Ergänzungsstücke, man könnte sie Walznasen nennen, an der Vorwärtsbewegung, so daß das Werkstück sich gegen die Walznasen mit gleitender Reibung verschieben

muß. Wirkt die Walznase statt außen am Werkstück ganz oder teilweise im Innern desselben, z. B. als runder, gerade vor dem Mittelpunkt des Werkstückes liegender Dorn, so läßt sich das Werkstück aufweiten, insbesondere aus massiven Stahlstücken in einem einzigen Durchgang durch das Walzwerk eine Röhre erzielen, deren innerer Durchmesser vom Dorn, deren äußerer Durchmesser durch den engsten Abstand der Walzenperipherie bestimmt wird. Der Dorn kann im hintern Teile oder ganz, anstatt massiv, als Rolle ausgeführt sein, um die gleitende Reibung und die Abkühlung zu vermindern. Er darf alsdann nicht drehbar sein, und die Rollen müssen den wirkenden Flächen der Walzen gerade gegenüberliegen. Der Dorn kann auch auf seinem vordern Konus ein Schraubengewinde tragen, wodurch er sich in das hohle Werkstück einschraubt. Es darf alsdann ebenfalls nicht die gleiche Drehung haben wie das Werkstück.

Soll ein Erweitern des Rohres stattfinden, so werden die Walzen zweckmäßig mit Erhöhungen versehen, welche mehr oder weniger parallel zur Achsenrichtung laufen, und dieselben am besten so angeordnet, daß die von der einen Walze in der Rohrwand erzeugten Vertiefungen von der folgenden gekreuzt werden. Durch diese Erhöhungen wird fast ausschließlich ein Breiten des Materials, also ein Vergrößern des Rohrdurchmessers erzielt, und es können dieselben daher Breitwulste genannt werden. Diese Breitwulste kann man in verschiedener Form ausführen, dreieckig, abgerundet usw., und es werden

dieselben gegen das Austrittsende der Röhren am besten stets kleiner, bis sie zum Schluß ganz verschwinden, um ein völliges Glattwerden des Rohres zu erreichen. Die Breitwulste vermindern den Kraftverbrauch. Gibt man den Wulsten am Austrittsende der Walzen eine entsprechende Profilierung, so läßt sich bei geeigneter Dimensionierung auf dem Rohr eine Rändelung, Riffelung oder bestimmt geformte Erhöhungen und Vertiefungen durch das Walzen erzielen, welche für viele Zwecke sich verwerten läßt. Gibt man allen Breitwulsten die gleiche Neigung gegen die Achsenrichtung und gegen das Austrittsende hin eine exate Zahnform, so lassen sich Röhren und Rohre mit beliebigen Zähnen oder äußern beliebig geformten Heizrippen erzielen. Ist der Dorn am Austrittsende der Walzen profiliert, z. B. mit Zähnen versehen, so erhält das Rohr im Innern die entsprechende Negativform, z. B. innere Heizrippen.

Macht man den Dorn konisch und verstellbar, so wird der innere Durchmesser der fertigen Röhre von dem Durchmesser des konischen Dornes an derjenigen Stelle bestimmt, welche momentan dem Endpunkt der wirksamen Walzflächen gegenüberliegt, und durch Verstellung des Dornes kann daher der innere Durchmesser des Rohres oder der Röhre willkürlich vergrößert oder verkleinert werden. Das Walzwerk ist, da auch die äußere Dimension je nach dem Einstellen der Walzen beliebig variiert werden kann, für alle Dimensionen Röhren mit denselben Walzen und denselbem Dorn universal wirkend.

Da außerdem die Verstellung sowohl des innern wie auch des äußern Durchmessers jeden Moment, also an jeder beliebigen Stelle desselben Werkstückes erfolgen kann, so ist man imstande, hohle Fassonstücke mit beliebiger innern oder äußern Gestalt, z. B. Röhren mit verstärkten Mittelstücken oder Enden oder beiden zugleich, kegelförmige, pipettenförmige oder retortenförmige, oder konische Hohlkörper usw. herzustellen, welche bisher auf keine Weise zu walzen waren. Es ist dadurch gleichfalls möglich, Röhren mit möglichst dünner Wand von außerordentlicher Länge herzustellen. Auch hier läßt sich eine schraubenförmige Windung der Faser erzielen, indem man das Verhältnis des Durchmessers der Walzen und des Werkstückes am Eintrittsende und am Austrittspunkt ungleich macht. Es wird dadurch bei gleicher Wandstärke eine größere Festigkeit der Röhren bzw. für einen vorgeschriebenen Druck eine geringere Wandstärke erzielt. Will man die Röhren ohne Faserdrehung auswalzen, so muß das Verhältnis zwischen dem Umfang der Walzen und dem Umfang der Werkstücke am Eintrittsende dasselbe sein wie am Austrittsende. Auch durch Reversion und gleichmäßiges Vor- und Rückwärtsarbeiten wird die starke Faserdrehung vermieden. Da alles ausbalanciert ist, so kann die Walze eine große Geschwindigkeit erhalten, und das Auswalzen findet in sehr kurzer Zeit statt. Weil hier kein Moment beim Walzen verloren geht, in welchem das Stück sich abkühlen kann, ohne bearbeitet zu werden, so wird durch die mechanische Arbeit des

Walzens, welche sich auf einen verhältnismäßig kleinen Raum konzentriert, die Temperatur des Werkstückes bei geeigneter Größe der Kraftmaschine bis zu einer gewissen Grenze der Dünnheit stets wärmer.

Es kann bei dem beschriebenen Schrägwalzen durch Wasserkühlung des letzten Endes des von den Walzen berührten, ursprünglich glühenden Werkstückteiles oder durch eine besondere Operation ein Kaltwalzen runder Rohre sowie auch vieler Fasson- bzw. Profilrohre vorgenommen werden. Es wird hierdurch den Rohren eine hohe Federkraft erteilt und daher die technische Verwendung vieler Fasson- und Profilrohre ermöglicht, deren Zweck es ist, sich unter einem innern oder äußern Druck federnd auszudehnen (z. B. Kesselsteinsprengröhren).

Die sechste neue Walzmethode besteht darin, die Beschleunigung des Werkstückes zwischen den Walzen, nicht, wie bei den gewöhnlichen Walzwerken, durch die Adhäsion an den Walzenoberflächen zu erreichen, sondern diese Beschleunigung quer zur Bewegung der Walzoberflächen dadurch zu erzielen, daß man messerartige oder rundliche oder sonst beliebige Erhöhungen mit am besten sich vergrößerndem Abstand, beispielsweise in einer schneckenartigen oder stets steiler werdenden Schraubenlinie liegende Wulste, auf den Walzen anbringt, welche wellenartige oder korkzieherartige oder andre Vertiefungen in dem Werkstück verursachen oder sich messerartig einschneiden und in ihrer Mehrzahl stets an der hintern Seite der gebildeten Wellenberge oder Ab-

oder Einschnitte arbeiten und dadurch diese Wellen oder Erhöhungen oder Einschnitte, der steiler werdenden Steigung der Schrauben entsprechend, mit Beschleunigung vor sich hertreiben.

Die Streckwulste werden am besten so gelegt, daß stets die entsprechenden Wulste der zweiten Walze die durch die betreffenden Wulste der ersten Walze gemachten Erhöhungen vor sich hertreiben. Da die Streckwulste sich nach dem Ausgangsende der Walzen voneinander entfernen, so ist es vorteilhaft, den hier entstehenden Zwischenraum mit neuen Streckwulsten zu versehen oder dieselben gegen das Ausgangsende hin zu erbreitern und abzuflachen, um ein glattes Walzprodukt zu erzeugen. Es läßt sich durch geeignete Form und Stellung der Streckwulste auf den einzelnen Walzen erreichen, daß die Wulste der einen Walze das Material vorwärtstreiben, dagegen diejenigen der andern dasselbe zurückstauchen oder die von der ersten gebildeten Wellenberge durchkreuzen und teilweise platt drücken. Es wird dadurch eine Verfilzung der Fasern erzeugt, und man kann, besonders wenn man außerdem eine Drehung der Faser herbeiführt, durch das Auswalzen von dicken Blöcken aus anfangs zusammengeschweißten oder gegossenen Stahl- und Eisenschichten durch einfaches Auswalzen ohne jeden erneuten Schweißprozeß echte Damaszierung von beliebiger Feinheit erzielen, welche für die Anfertigung von Gewehrläufen, Kanonenrohren, blanken Waffen und vielen Werkzeugen mit vielem Vorteil gebraucht werden kann.

Das Muster des Damastes hängt von der Form der Streckwulste, der erzielten Faserwindung und der Art der verwendeten Blöcke oder Schweiß-pakete ab.

Werden die Streckrillen mit viel stärkerer Steigung ausgeführt, als dem Hereinziehen des Blockes entspricht, so schiebt sich das Material an der Peripherie über, ohne den Stab innen zu strecken, und erzeugt eine Röhre, welche im hintern Teil massiv bleibt. Man kann also hierdurch Rohrstücke an einem Ende massiv erzeugen und also bei Abtrennung des massiven Endes aus massiven Blöcken ohne Dorn Röhren und Rohrstücke herstellen.

Die siebente Walzmethode hat das Walzen von Kugeln und Kugelabschnitten zum Gegenstand, während das achte Hilfsverfahren das Auswalzen von Puddelluppen und Paketen behandelt.

Wie bereits erwähnt, bilden diese Ausführungen nur einen knappen Auszug der weitläufigen und unklaren Patentschrift zu der Abb. 58, welche das Universalschrägstreckwalzwerk in seiner anfangs geplanten Form darstellt.

Der Apparat besteht laut Beschreibung des Erfinders aus einem, zwei oder drei Ständern, welche zwei oder drei bzw. je eine zylindrische Ausbohrung haben. In dieser zylindrischen Ausbohrung liegen, seitlich durch Frösche drehbar und in der Richtung der Schraubenlängsachse durch Schrauben verstellbar, zwei bzw. drei Zylinder, welche zu beiden Seiten die Lagerschalen für die Walzenlager und in der Mitte eine Aussparung für die Walzenkörper tragen und seitlich eine Nut besitzen, in welche ein steuer-

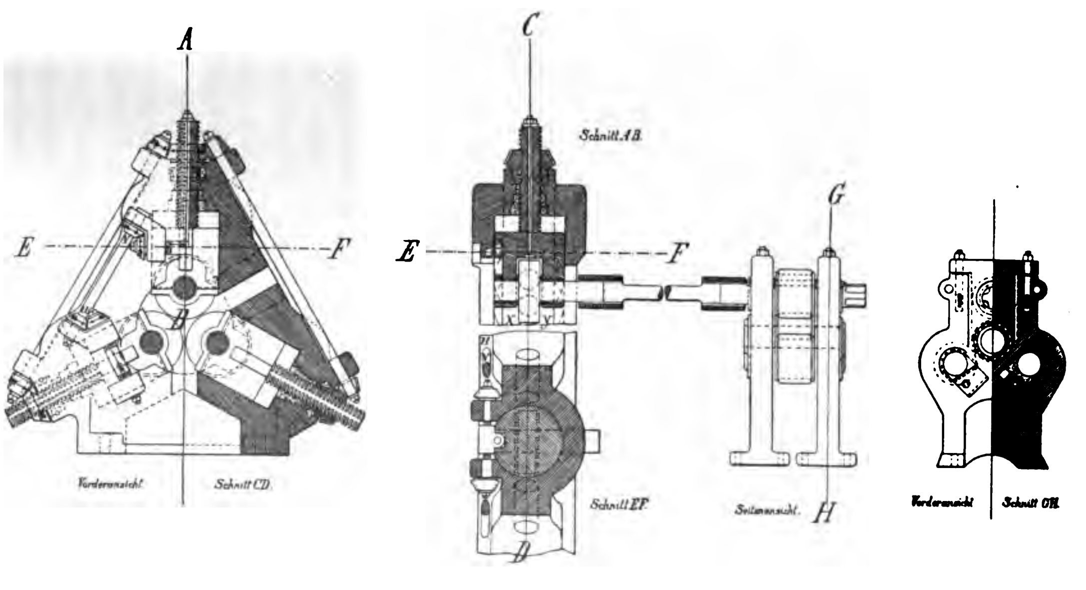

A
B
E
F
Vorderansicht
Schnitt CD
C
Schnitt AB
D
Schnitt EF
G
H
Seitenansicht
Vorderansicht
Schnitt GH

Abb. 58.

barer Frosch behufs Regulierung der gegenseitigen Verdrehung einragt.

Sowohl die Frösche als die Druckschrauben sind untereinander durch Wellen und Zahnräder zwangsläufig behufs gleichmäßigen Anstellens verbunden. Die drei Walzen erhalten eine an den Arbeitsflächen entgegengesetzte Bewegung durch einen Zahnradständer beliebiger Konstruktion. Das Werkstück wird bei x ein- und bei y ausgeführt. Wird die Welle u v in der Richtung des Pfeiles gedreht, so verdrehen sich die Walzen sämtlich nach links, so daß das Werkstück außer der rotierenden gleichzeitig eine vorwärtsschreitende Bewegung erhält. Wird die Welle in entgegengesetzter Richtung gedreht, so vermindert sich mit der Verdrehung der Walzenachsen gegeneinander auch die Fortbewegungsgeschwindigkeit des Werkstückes, bis sie bei weiter fortschreitender Drehung der Welle sich bei gleichbleibender Rotation in eine rückläufige umsetzt. Man hat es also durch eine minimale Verdrehung der Achse u v in der Hand, ohne irgendwelche Aenderung in der Geschwindigkeit oder der Bewegungsrichtung der Kraftmaschine oder der Walzen das Werkstück zu reversieren und durch Anstellen der Druckschrauben allmählich auf einen beliebigen Durchmesser zu bringen. Eine auf einer der Druckschrauben befestigte, mit schraubenförmiger Skala versehene Mutter zeigt durch einen am Ständer festgeschraubten Zeiger stets die momentane Dicke des zwischen den Walzen befindlichen Werkstückes an. Hängt man zwei oder drei Rollen von passender

Form ein, so kann man, infolge der Reversierbarkeit, Zapfen mit Ringen oder Ansätzen und sonstige Fassonstücke jeder Art walzen. Hängt man Rollen von anderm Querschnitt ein, so lassen sich Bolzen mit ganz scharfen Köpfen aus dicken Stangen auswalzen und auf die Länge abschneiden. Werden entsprechende Walzen eingehängt, und die Zahnräder, welche die Frösche treiben, umgewechselt, so daß die eine Rolle gar nicht, die zweite nach rechts und die dritte gleichzeitig nach links gedreht wird, so können Kugeln und Fassonstücke mit Kugelflächen gewalzt werden, deren Durchmesser je nach dem engsten Walzenabstande beliebig variiert werden kann. Wird hinten bei *y* das rotierende Druckeisen mit den Walznasen eingehängt, so lassen sich je nach der Wahl der letztern alle massiven Querschnittsformen und Querschnittsgrößen bei geeigneter Einstellung der zwei oder drei Walzen erzeugen. Wird statt der Walznasen ein Dorn in ein am besten am Zahnradständer angebrachtes Stützlager eingehängt, so lassen sich aus massiven Blöcken oder Stücken Röhren walzen oder hohl vorgewalzte oder sonstige kurze, dickwandige Hohlkörper zu dünnen Röhren in einem Durchgange auswalzen. Bei gleichzeitiger Anwendung eines geeignet geformten Druckeisens lassen sich mit oder ohne Anwendung von Walznasen dann alle Sorten der erwähnten Hohlkörper mit fassoniertem Querschnitt, hohle Zahnradstangen, Schlangenröhren, Röhren mit Heizrippen usw. erzielen, und zwar in einem einzigen Durchgang aus rohen, massiven Blöcken oder vorgewalzten Stücken.

Werden Walzen mit Streckwulsten eingehängt und das rotierende Druckeisen nicht in der Mitte der drei, sondern an der engsten Stelle der beiden untern Walzen angeschraubt, so wird das Walzwerk zum Drahtwalzwerk, um beliebig dünnen Draht aus dicken Stücken oder Blöcken glühend auszuwalzen oder bei Anwendung fassonierten Druckeisens sofort Fassondraht von beliebigem Querschnitt glühend in einem Durchgang aus rohen Knüppeln zu walzen. Wird vor dem Eingang der Walzen eine Druckvorrichtung angebracht, welche eine glühende Luppe zwischen die Walzen preßt, so wird das Walzwerk im vordern Teil zur Luppenquetsche, während es im hintern Teil der ausgewalzten Luppe gleich die gewünschte Querschnittsgröße und Form gibt, d. h. also die rohe Luppe in einem einzigen Durchgang von Schlacken befreit und gleichzeitig in fertig gewalztes fassoniertes Eisen verwandelt. Werden anstatt der drei runden Walzen bestimmt profilierte bzw. polygone z. B. mit Zähnen oder Riffeln versehene Walzen eingehängt, so lassen sich Zahnräderstangen mit beliebigen Zahnformen, welche als Stangen benutzt, oder von denen die Zahnräder als Scheiben abgeschnitten werden, Reibahlen, Fräser, alle nach Wunsch mit geraden oder gewundenen Zähnen und andre geriffelte oder gezahnte Gegenstände usw. erzielen. Hängt man Walzen ein, von denen die eine mit scharfen Rillen nach rechts, die zweite mit scharfen Rillen nach links und die dritte mit Rillen andrer Steigung versehen ist, so lassen sich in einem Durchgang außen auf das Werk-

stück schneidende oder je nach Wunsch geformte Erhöhungen, Fräsen und dgl. walzen. Ferner lassen sich bei Anwendung des entsprechenden Dornes Röhren mit außen oder innen schneidenden Oberflächen erzielen, z. B. Mühlzylinder usw.

Werden exzentrische oder sonst entsprechende Walzen mit Winkelzähnen oder andern Zähnen eingehängt, so lassen sich Scheiben zu Zahnrädern usw. auswalzen und bei Anwendung eines Dornes oder innerer Walzenringe oder Bandagen, welche mit Zähnen versehen sind, herstellen. Man kann dies noch dahin modifizieren, daß man behufs Erzielung exakter Rundung zwischen den Walzen einen kalten, innen mit entsprechenden Zähnen versehenen, eventuell seitlich durch zwei aufgeschraubte Scheiben geschlossenen Ring rotieren läßt und durch eine starke, mit großer Kraft anstellbare Rolle, den eingelegten, glühenden Reifen in das so gebildete Kaliber eindrücken läßt. Selbstverständlich können die seitlichen Scheiben auch an der Rolle angebracht sein. Werden schmale, unrunde oder abgeflachte Walzen, am besten an der niedrigen Stelle zugleich schmaler gemachte Walzen, eingehängt, so lassen sich Fassonstücke mit Ansätzen oder Anläufen, z. B. Zapfen usw. herstellen.

Selbstverständlich kann das Anstellen der Walzen bei allen vorstehend erörterten Walzmethoden durch beliebige hydraulische oder mechanische Mittel bewirkt werden, ebenso kann man beim Scheiben- bzw. Kopfendenwalzwerk die Achsen der Scheiben senkrecht stellen. Für einige Zwecke genügt es, nur zwei oder

nur eine der arbeitenden Walzen mit der Maschine zu kuppeln."

Wenn der Wiedergabe der vorliegenden Teildarstellung aus der deutschen Patentschrift 34617 mehr Raum gewährt wurde, als unbedingt für die Anführung der Neuerungen notwendig war, welche auf die nahtlose Stahlrohrfabrikation bezug haben, so geschah es, um dem Leser selbst Möglichkeit eines Urteils darüber zugeben, wie außerordentlich umfangreich und vielseitig die Ziele waren, denen die Erfinder anfangs nachjagten, und um einen Anhalt dafür zu bieten, wie es möglich war, daß die Erfindung ein solches unglaubliches Aufsehen erregte und insbesondere in den Augen der ersten Verteidiger den Beginn einer totalen Industrieumwälzung bedeuten sollte.

Es ist, wie schon gesagt wurde, sehr wenig davon übrig geblieben und die heutige Technik benutzt von den weitläufigen Vorschlägen und kühn ausgesponnenen Gedanken lediglich einen geringen Bruchteil, zur Röhrenfabrikation, während die andern Fabrikationsanregungen praktisch so gut wie ganz aufgegeben sind. Um nur nebenbei darzutun wie wenig die Herstellung von Draht und Profileisen nach dem Mannesmann'schen Schrägwalzverfahren durchführbar war, sei kurz folgendes Beispiel angeführt.

Es soll ein I Eisen-Träger von 250 mm Höhe und 4500 qmm Querschnitt hergestellt werden. Die dazu vorgeschlagenen Walznasen ergeben dann einen kreisförmigen Querschnitt von ungefähr 280 mm Durchmesser beim Austritt aus den Walzen. Die radiale Verjüngung des Blockes in den Walzen, durch welche die Kraft der Voranbewegung oder Pressung in die Walznasenstücke bedingt wird, sei nur mit 50 mm angenommen, dann ergibt sich ein Blockdurchmesser von etwa 380 mm oder rund

113410 qmm Querschnitt. Soll in einer Sekunde nur 10 mm Blocklänge verarbeitet werden, und der Arbeitsweg den halben Radius, also = 95 mm betragen, dann ist das zur Verarbeitung bereite Metall 113410 — 4500 = 108910 · 10 = 1089100 cmm und die zur gewünschten Ausstreckung erforderliche Kraft über 10000 Pferdestärken, mithin zirka fünfmal so groß als die im Kaliberwalzwerke übliche.

Daß die große Umfangsgeschwindigkeit der Walzen beim geringsten Widerstande, welchem das Werkstück bei seinem Austritte begegnet, zu bösesten Folgen Veranlassung gebe, sei nur nebenbei noch erwähnt, wie es auch nicht einzusehen ist, was mit dem zwischen die Walznasen gepreßten Material geschehen soll, das zurückbleibt, wenn der Block die Walzen verlassen und mithin keine Veranlassung mehr hat, weiter zu wandern.

Ebenso ratlos würde schließlich der Praktiker dem Verlauf einer Drahtwalzung auf dem beschriebenen Schrägwalzwerk gegenüberstehen, wenn man bedenkt, daß die Walzscheiben, von denen der Erfinder verlangt, daß sie eine große Umdrehungsgeschwindigkeit besitzen sollen, einen Rundstab von 50 mm Durchmesser zu Draht von ca. 3 mm Stärke auswalzen sollten und die Scheiben nur 350 mm Durchmesser und 2 sekundliche Umdrehungen aufwiesen. Dann würde das austretende Drahtende schon über 10000 Umdrehungen pro Minute machen. Und was man mit einem glühenden Draht, der mit doch sicher 5—6 m Längengeschwindigkeit und ca. 200 Umdrehungen in der Sekunde beginnen sollte, das weiß wohl niemand; denn jedes Anfassen, Aufwickeln ist ausgeschlossen, weil das geringste Hindernis den nachschießenden Drahtfaden zu einem unentwirrbaren Knäuel gestalten oder zu sonstigen Unzuträglichkeiten führen würde.

Selbst für die Erzeugung von Röhren ist die Methode, wie bestechlich sie sich auch für diesen Zweck ausnehmen mag, nicht ohne weiteres als ideal zu bezeichnen; denn, wenn auch hier die sonst eintretenden Betriebsunmöglichkeiten wegfallen, es bleibt doch ein Punkt bestehen, der für jeden Fabrikanten ein gewichtiges Wort mitspricht. Das ist der Kraftverbrauch, welcher bei dem neuen Verfahren 1000 bis 3000 und mehr Pferdestärken ausmacht, gegen 30 bis 80 beim alten Verfahren.

Freilich ist zu berücksichitigen, daß nach dem alten Verfahren erst der Flacheisenstreifen oder das Blech aus dem Block gewalzt werden mußte und die weitere Verarbeitung eine mehrmalige, teilweise sehr verschwenderische Erwärmung des Werkstückes bedingte, aber wenn man die Summe zieht, kommt doch zweifellos das normal gewalzte Rohr zu einem ökonomischern Ergebnis, da Maschinen von 2000 und 3000 Pferdestärken, trotz günstigern Dampfverbrauchs pro Stärkeeinheit, einen solchen Aufwand an Anschaffungs-, Unterhaltungs und Wartungs- sowie sonstigen Nebeneinrichtungskosten mit sich bringen, daß die Fabrikation nur zu einem höhern Verkaufspreis möglich ist.

Allerdings ist der enorm hohe Kraftverbrauch nur für die kurze Zeit, von wenigen Minuten, oft nur für Momente nötig, während welcher der glühende Block im raschen Durchgang die Walzen berührt, und man hat daher, nach dem Vorbilde des alten Profileisenwalzwerkes zum Kraftaufspeicherungsapparat, dem Schwungrade gegriffen, das bekanntlich in der zwischen zwei sich folgenden Operationen liegenden Zeit, wo die Wegräumung des fertigen und die Zubringung des neuen Werkstückes stattfindet, eine Menge Kraft allmählich sammelt und sie in einem bestimmten Augenblicke wieder auf Kosten der Schnelligkeit abgibt.

Auf diese Weise läßt sich mit Hilfe einer verhältnismäßig schwachen und kleinen Dampfmaschine ein gewaltiger Arbeitsvorrat in der Leergangsperiode aufsaugen, welcher sich dann während des kurzen Walzprozesses auf den glühenden Block stürzt und diesen beispielsweise zu einem Rohr umformt.

Hierbei ergab sich aber eine Schwierigkeit, die anfangs fast unüberwindlich schien, nämlich die hohe Umfangsgeschwindigkeit, welche die Schrägwalzen haben mußten und denen das Schwungrad sich anzupassen hatte.

Gußeiserne Schwungräder lassen sich jedoch höchstens für eine Umfangsschnelle von 40 m pro Sekunde verwenden. Darüber hinaus steht man vor der Gefahr, daß die auftretenden Zentrifugalkräfte das Rad zerspringen machen. Nun brauchte der Schrägwalzbetrieb nach Mannesmann aber Schwungräder von 100 m Umfangsgeschwindigkeit und mehr. Die Erfinder erkannten daher bald, daß es vor allem notwendig wäre, den Schwungradkranz aus einem festern Baustoffe herzustellen und haben dazu schließlich das festeste aller Materialien, den Gußstahldraht gewählt, und sich die diesbezügliche Konstruktion ebenfalls patentieren lassen (D. R. P. 47 209). Die Speichen bestehen bei diesem neuartigen Schwungrade aus V förmig gebogenen Blechstreifen, die mit ihrer Basis auf der Nabe aufsitzen und deren Spitzen dem aus vielen hundert Stahldrahtwindungen bestehenden Radkranz als Stütze dienen. Der Stahldraht ist ähnlich wie Garn auf einer Haspel aufgewickelt und verleiht dem Umfange das Rades eine sehr hohe Widerstandsfähigkeit gegen Zentrifugalkräfte.

Reuleaux gibt zu der außerordentlich hohen Beanspruchungsmöglichkeit eines solchen Rades folgende einfache mathematische Begründung.

Hat der Radkranz die mittlere Umfangsschnelle v und wird diese durch die Entziehung an Kraft auf

v_1 vermindert, so ist bei der Masse des Kranzes, die dabei abgegebene Arbeitsgröße A mit genügender Annäherung ausgedrückt durch die Formel

$$A = \frac{m}{2}(v^2 - v_1^2).$$

Geschah die Arbeitsabgabe in t Sekunden, vermöge eines gleichförmigen Widerstandes P im Walzwerke und durch einen Weg s, so betrug die sekundlich abgegebene Arbeit S, oder die Arbeitsstärke

$$S = \frac{Ps}{t} = \frac{m(v^2 - v_1^2}{2 \cdot t}$$

Sekundenmeterkilogramm, also in Pferdestärken ausgedrückt, und die Geschwindigkeit

$$\frac{s}{t} = c$$

gesetzt

$$N = \frac{Pc}{75} = \frac{m\,v^2\left[1 - \left(\frac{v_2}{v}\right)^2\right]}{150 \cdot t}.$$

Für die Masse M noch den Quotienten aus dem Gewichte G und der Beschleunigung g der Schwere einführend, erhält man hieraus

$$N = \frac{G\,v^2\left[1 - \left(\frac{v_1}{v}\right)^2\right]}{150\,g \cdot t}$$

oder auf die Tonne (= 1000 kg), wenn $v_1 = \frac{1}{2}v$ angenommen wird

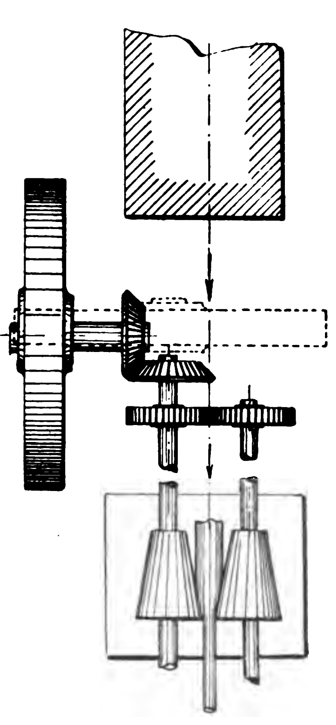
$$N_t = \frac{3 \cdot 1000\,v^2}{4 \cdot 150 \cdot 9{,}81 \cdot t} = \text{rund}\ \frac{1}{2}\frac{v^2}{t}.$$

Nun beträgt die Durchwalzungszeit t bei Block wie Scheibenwalzen etwa 30 Sekunden, so daß auf jede Tonne Kranzgewicht $\frac{v^2}{60}$ P. S. verfügbar sind, oder



bei $v = 40 \quad 60 \quad 80 \quad 100$ m
$N = 27 \quad 60 \quad 107 \quad 166\frac{2}{3}$ PS.

Ein Rad von 40 t ist deshalb geeignet 4000 Pferdestärken in den erwähnten 30 Sekunden abzugeben. Um dem Rade dieses Arbeitsvermögen in fünf Minuten wieder zu erstatten, genügt eine Kraftmaschine von dem zehnten Teil dieser Stärke. Bei einem 40 t-Rade also 400 PS. Als interessantes Konstruktionsdetail sei noch erwähnt, daß ein solches Rad etwa 400 km, 4 mm starken Stahldrahtes (d. h. Entfernung von Berlin bis Nürnberg) zur Bewicklung braucht und hierzu ungefähr 8 Tage Wickelzeit gehören.


Abb. 59.

Nach Ueberwindung dieses Kraftfragenhindernisses stand die Praxis des Mannesmannverfahrens vor einem neuen Dilemma, das darin gipfelte, daß das Schwungrad nicht in der Verlängerung der Walzachsen liegen durfte, weil es sonst den Weg vom Blockwärmeofen zum Walzenstuhl versperrt haben würde, wie Abb. 59 veranschaulicht. Der Ausweg,

den der Einbau von Winkelzahnrädern wies, ließ sich aber deshalb nicht gut akzeptieren, weil die Winkelräder die Eigentümlichkeit besitzen, daß sich ihre Zähne auf einer ganz schmalen Fläche (geometrisch sogar nur auf einer Linie) berühren, welche nur 1 bis 2 mm breit ist, so sich ein ganz enormer Flächendruck ergeben hätte, der eine außerordentlich schnelle Abnutzung der Zahnprofile und leichte Zerstörbarkeit derselben zur Folge gehabt hätte. Es blieb unter diesen Umständen nichts andres übrig, als ein neues, von diesen Fehlern freies Räderwerk ausfindig zu machen. Auch dieser Aufgabe kamen

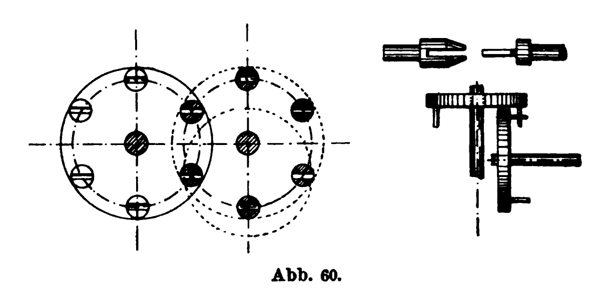


Abb. 60.

die Erfinder mit gewohnter Genialität nach, indem sie das in Abb. 60 skizzierte Getriebe erdachten.

Rechts oben in der Abbildung ist ein herausgenommen gedachtes Paar der Radzähne dargestellt, welche so gestaltet sind, daß der eine Radzahn den andern Radzahn mit genau parallelen Innenflächen umfaßt. Die Räder werden mit gleichen Zähnezahlen ausgeführt.

Denkt man sich zunächst die Räder so aufgestellt, daß ihre Achsen parallel liegen, so leuchtet ein, daß dann die Gabeln und Klingen stets genau zusammentreffen werden, wenn beide Räder gleichförmig gedreht und außerdem die Fl[illegible] Gabeln und

Klingen stets parallel geführt werden. Zu diesem Ende sind die Zähne sämtlich um Achsen drehbar gemacht und werden durch ein Parallelführungsgetriebe stets parallel geleitet. Auf diese Weise können die beiden Räder einander unter gegenseitiger Pressung großer Flächen umtreiben. Diese Eigenschaft aber bleibt auch dann erhalten, wenn man das eine Rad nebst Achse um eine senkrecht zur Achsenebene stehende Gerade dreht. Es kann dabei die rechtwinklige Achsenstellung erreicht werden, welche in der Abb. 60 rechts angegeben ist. Bei den Abmessungen an Klingen und Gabeln von 100 auf 100 mm, ergibt sich eine Druckfläche von 10000 qmm, somit für die erforderliche Pressung von ungefähr 5000 kg ein Druck von $^1/_2$ kg auf den qmm. Ein Druck der nichts Außergewöhnliches an sich hat und bei den Zapfen der Eisenbahnachsen oft überschritten wird.

Mit diesem Räderwerk war man somit der praktischen Durchführung des Mannesmann'schen Schrägwalzwerkes für Rohre abermals einen Schritt näher gekommen.

Es ist jedoch noch einer dritten, von äußerster Wichtigkeit für die praktische Durchführung des Betriebes gewordenen Konstruktionsneuerung zu gedenken, deren Wesen hier eine kurze Besprechung verlangt. Es hatte sich nämlich herausgestellt, daß die bis dahin bekannten Kupplungen nicht ausreichten, zwischen den festliegenden Wellen des Haupttriebwerkes und den Walzen eine alle notwendigen Forderungen erfüllende Verbindung herbeizuführen, wobei den Walzen eine sehr weitgehende Verstellbarkeit in bezug auf Weite, Enge, Schräge in beliebige Winkellage gesichert sein sollte. Das Ergebnis der ersten diesbezüglichen Verbesserungsarbeiten war die Rohrwellenkupplung mittels Zentrierungshülsen und Drehzapfen (D. R. P. Nr. 46881), welche aus einem

zum Laufen in Zapfenlagern bestimmten Drehzapfen und zwei an dessen Enden befestigten, kegelförmig ausgedrehten Kupplungshülsen besteht, in welche Zentrierungsbüchsen mittels Schraubenbolzen so hineingezogen werden, daß die Enden der Rohrwellen in den Kupplungsbüchsen festgeklemmt werden und klauenförmige Mitnehmer die Drehung der Rohrwellen in den Kupplungsbüchsen verhindern.

Eine zweite Kupplungskonstruktion, welche den Bedürfnissen der geforderten Betriebsschnelle und Erschütterungslosigkeit noch besser Rechnung trug, entstand später in der Mannesmannschen Kreuzgelenkkupplung (D. R. P. Nr. 48235).

Dieselbe ist eine Abart des bekannten Hooke'schen Schlüssels oder des Cardani'schen Universalgelenks, und vereinigt leichte Beweglichkeit mit größter Eingriffssicherheit. Laut Patentanspruch wird diese „Kreuzgelenkkupplung in Form einer Klauenkupplung mit zwischen den Klauen liegenden Drehkörpern“ aus einer zwei- oder mehrzähnigen Klauenkupplung gebildet, bei welcher zwischen die treibenden und getriebenen Flächen der Klauen Drehkörper eingeschaltet sind, die entweder in einer Kupplungshälfte oder teils in der treibenden, teils in der getriebenen Kupplungshälfte eingelagert sind, wobei die Drehachsen der Drehkörper senkrecht oder fast senkrecht zur Achse der Kupplungshälfte stehen, in welche die Drehkörper selbst eingelagert sind, zum Zwecke, die Kraft nur durch ölbare Flächen zu übertragen. Ein zweiter Patentanspruch hat noch die Einschaltung von Drehkörpern zwischen die Teile der Klauen, welche bei der Umkehrung der Bewegungsrichtung die Kraftübertragung zu besorgen hätten, zum Gegenstand, und bezweckt dadurch den Rückschluß zu sichern und die Kupplung zu einer vorwärts und rückwärts arbeitenden, sowie zu einer sich selbst tragenden zu machen.

Professor Reuleaux nannte die letzten beiden Kupplungsarten Schnittgelenkkupplungen, weil der Hauptkonstruktionsteil aus zwei halben Drehkörpern besteht, welche mit ihren ebenen Schnittflächen aufeinander, mit ihren gerundeten Rückenflächen aber in den Lageraussparungen liegen.

Wenngleich damit die wesentlichsten Hindernisse für den praktischen Betrieb aus dem Wege geräumt waren und die Durchführung des Verfahrens nunmehr weniger Schwierigkeiten bot, blieben doch noch eine Menge unvorhergesehener Verbesserungen zu machen, und es bedurfte noch der Arbeit vieler Jahre, bevor es der zähen Energie und Ausdauer der leitenden Männer gelang, eine auch nur halbwegs gesunde Ware zu marktfähigen Preisen in den Werken herzustellen. So machte z. B. lange Zeit auch die Ausführung der Walzenstühle viel Sorge, da die Maschinenfabriken eine solche Konstruktionsgenauigkeit, wie sie hier wegen der großen Schnelligkeiten unumgänglich notwendig war, als etwas Unerhörtes bezeichneten und neben präzisester Herstellung und Dimensionierung schwerster Bewegungsteile, auf denkbar größte Festigkeit, Wasserkühlung aller Hauptlager usw. sehen mußten. Zahnräder mit 15 m Sekundengeschwindigkeit und dgl. technische Abnormitätsforderungen häuften sich im Laufe der fortschreitend gemachten Betriebserfahrungen in so besorgniserregendem Umfange, daß einzelne Lieferanten zuweilen entmutigt und vollständig ratlos waren, und die jahrelangen Verzögerungen in der ordnungsgemäßen Fertigstellung und Arbeitsfähigkeit der Anlagen sehr wohl zu verstehen sind.

Als endlich auch diese maschinelle und Einrichtungskrise überwunden war, trat eine neue Schwierigkeit hinzu, die darin bestand, daß es unmöglich war, die rechtzeitige und qualitativ gewünschte Zufuhr der Stahlblöcke zu erhalten.

So unabhängig sich das Mannesmann'sche Verfahren auch anfangs von der Materialfrage aufgespielt hatte, die vorschnell gegebene Erklärung jeden Stahl gut verarbeiten zu können, rechtfertigte sich nicht, und es mußte, bevor eine normale Fabrikation aufgenommen bzw. durchgeführt werden konnte, zum Bau eigener Stahlösen, sowohl für Tiegel- wie auch für Siemensmartinstahl, geschritten werden.

Wenden wir uns nunmehr wieder dem eigentlichen Verfahren zu, und berücksichtigen wir dabei lediglich die Erzeugung von Röhren und zylindrischen Hohlkörpern, so haben wir uns in erster Linie zu fragen, von welchen Arbeits- und Einrichtungsfaktoren die Dimensionierung eines bestimmten Rohres aus einem massiven Block abhängig ist. Obschon aus dem im vorhergegangenen zitierten Wortlaute der unklaren Patentschrift 34 617 hierüber einiges zu entnehmen war, dürfte es sich doch empfehlen, die einzelnen Punkte jetzt systematisch und erweitert zusammenzustellen.

Danach ist das durch die Leistung des Schrägwalzwerkes im Vollblock erzeugte Loch hauptsächlich abhängig:

1. Von dem Verhältnis der Rotationsgeschwindigkeit der Walzen gegenüber der Fortbewegungsschnelle des Blockes. Daraus ergibt sich, daß einerseits die Temperatur und die Qualität des Werkstücksmaterials eine Rolle spielt, indem dessen Weichheitsgrad die Geschwindigkeit und den Kraftverbrauch reguliert, anderseits aber auch die Dimension des Blockes und die Winkelstellung der Walzen von Einfluß sein muß auf die Größe des hervorgerufenen Loches.

   Durch entsprechende Wahl bzw. Veränderung des einen oder mehrerer dieser Punkte, hat es der Praktiker auf Grund von Erfahrungen und

theoretischen Erwägungen in der Hand, den entstehenden Hohlraum zu bestimmen, ihn nach Bedarf kleiner oder größer werden oder eventuell auch ganz verschwinden zu lassen, so daß das Werkstück massiv bleibt oder zerbröckelt und auseinander fällt.

2. Von der Stellung des Werkstückes zwischen den Walzen. Je mehr dasselbe eine Mittellage zwischen den beiden Walzen einnimmt, desto größer wird der innere Lochdurchmesser. Je weiter es von der zentralen Position entfernt ist, desto kleiner fällt die Höhlung aus, bis sie endlich bei einer von der Natur und Temperatur des Materials mit beeinflußten Seitenstellung des Blockes ganz verschwinden kann.

3. Von der Dimensionsveränderung und äußern Gestaltung des Blockes. Die Lochbildung beginnt erst mit einer gewissen Materialreduktion und steigt hinsichtlich des Durchmessers in gleichem Verhältnis mit den äußern Abmessungen des Blockes, bis wiederum eine bestimmte Grenze erreicht ist, bei der das entstehende Loch zerreißt oder fransig wird. Eine Nutzanwendung dieses Gesetzes ist bei der Bildung der sogenannten Kokonröhren besprochen worden, deren Erzeugung im übrigen unter Nr. 45 905 separaten Patentschutz genießt. (Die Bildung solcher Kokonröhren läßt sich allerdings auch erreichen, wenn man während des Walzprozesses für gewisse Augenblicke die das Werkstück bearbeitenden Walzen gegeneinander verstellt.)

4. Von dem Winkel, in welchem die Schrägwalzen zueinander gelagert sind bzw. von dem Winkel, den die Arbeits- oder Oberflächen der Walzen bilden.

5. Von der Beschaffenheit der Walzenoberflächen. Abgerundete oder winkelschnittige Furchen und Wulste, sei es parallel oder schräg zur Walzenachse, erleichtern die Hohlraumbildung, weil sie die Oberfläche des Blockes vergrößern, und, wie der Erfinder es nennt, zu einer zwangsläufigen oder paarschlüssigen Faserdrehung des gebildeten Rohrkörpers führen, während glatte Walzenoberflächen, welche die relativ schwächere, häufig durch Gleiten des Werkstückes zwischen den Walzen geschädigte Arbeitsleistung, durch bloße Reibung hervorgerufene labile oder kraftschlüssige Faserdrehung veranlassen und weniger Günstiges zur Bildung eines gesunden Hohlzylinders beitragen.

Was nun die Egalisierung oder Glättung des entstehenden Hohlraumes anbetrifft, so gilt als Grundsatz, daß das Loch um so glatter ausfällt, je mehr die Materialfasern bei der Bildung desselben einer Verdrehung oder Torsion unterworfen waren. Es ziehen sich nämlich hierbei alle Ungleichheiten des Materials, wie z. B. vorhandene Risse, Blasen usw., lang aus, verdünnen sich und verursachen dadurch entweder eine völlige Zerstörung derselben oder infolge der Verdrehungsarbeit eine gegenseitige Durchkreuzung derselben.

Erhitzt man das Werkstück so rasch, daß das Innere desselben kälter, also widerstandsfähiger gegen Verdrehung bleibt als die äußern Schichten, so wird bei kraftschlüssiger oder besser noch paarschlüssiger Faserdrehung das äußere Material viel stärker von der Torsion betroffen als das innere. Die Fasern erhalten dadurch nicht nur eine seilartige Verdrehung um die Längsachse des Werkstückes, sondern die im gleichen Querschnitt liegenden äußern Materialschichten erhalten auch eine starke Verschiebung gegen die zugehörigen innern Schichten.

Diese Anordnung der Fasern nennen die Erfinder Doppelfaserdrehung. Dieselbe läßt sich auch bei gleichmäßiger Erhitzung erreichen, wenn man die angreifenden Wulsterhöhungen auf der Walze im Verhältnis zum Durchmesser des zu bearbeitenden Werkstückes möglichst klein macht, so daß von einer gewissen Grenze ab sich die äußern Materialschichten gegen die innern verschieben.

Wenngleich, wie theoretisch und praktisch bewiesen ist, die Bildung des Hohlraumes lediglich den Walzen übertragen ist und die Anwendung eines Dornes nichts mit dem Prinzip der Mannesmann'schen Rohrerzeugungsmethode zu tun hat, sah sich die Praxis des Verfahrens doch genötigt, dieses Hilfsmittel zur Fabrikation heranzuziehen, da bei der großen Geschwindigkeit, mit welcher die Rohrformung geschieht und die Deformation des Materials vorgenommen wird, leicht Gefügelockerungen in der Rohrwand und in der innern Höhlung gerne Ausfranzungen und Unebenheiten entstehen. Außerdem empfiehlt sich auch der Gebrauch des Dornes aus dem Grunde, weil sonst, sofern nicht besondere Vorsichtsmaßregeln getroffen werden, das Schlußende des Werkstückes massiv bliebe. Um alle diese Erscheinungen zu beheben, würde es schon genügen, wenn man eine stumpfe Stange gegen die mittlere Partie oder das Zentrum des Werkstückes placierte, so daß sich der hohl werdende Block über die Stange herüberschöbe. Indes wäre es Torheit, sich mit dem primitivsten Mittel zu begnügen, wenn ein besseres Werkzeug oder wenigstens eine günstigere Gestaltung desselben so nahe liegt wie hier, wo die einfachste Ueberlegung auf den konischen Spitz oder Rundkopfstopfen hinweist, der lose und leicht auswechselbar auf das Ende einer dünnern Dornstange gesteckt, direkt vor oder in einiger Entfernung von dem Kelchboden des entstehenden Rohrkörpers, in

solcher Lage gehalten ist, daß er in der Achsenrichtung nicht zurückweeichn kann.

Ein solcher Stopfen wird, wenn er in den richtigen Dimensionen gehalten ist, nicht nur ein Glattstreifen aller Rauhheiten und Fransen im Innern des Rohres vornehmen und die Verdichtung etwaiger Gefügelockerungen veranlassen, sondern auch, da er den Zutritt der atmosphärischen Luft zu der entstehenden Höhlung verhindert (s. Abb. 61), eine Verschweißung und innige Verbindung getrennter oder zerrissener Materialteilchen herbeiführen. Würde die Luft bis zu der sich bildenden, vor dem Stopfenkopfe be-

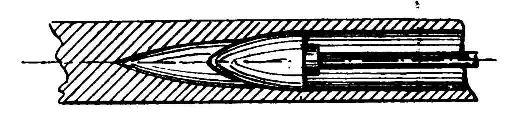


Abb. 61.

findlichen Höhlung vordringen können, dann wäre bei dem geringen Druck, den der Stopfen auf die entstehende Rohrwandung auszuüben vermöchte, an eine Verschweißung der Unebenheiten, Sehnen, Fasern und Fransen nicht zu denken und nur ein wenig bedeutungsvolles Glattstreichen der innern Rohrflächendefekte möglich; weil aber die Luft ferngehalten ist, in dem in Betracht kommenden Leerraum also völlige Oxydfreiheit herrscht, geht die Verschweißung schon bei dem sehr geringen Druck, welchen der Stopfen auf die innere Rohrwand ausübt, anstandslos und zuverlässig vor sich.

Die Gestaltung des Stopfens ist dabei ohne große Bedeutung, obzwar eine stärkere Zuspitzung desselben insofern angenehm ist, als dadurch eine leichtere Spaltung des Blockkernes und damit eine schnellere Rohrbildung herbeigeführt wird.



Ebenso kommt es prinzipiell wenig darauf an, ob der Dorn still steht oder, von der Rotationsbewegung des Werkstückes mitgenommen, gleichfalls rotiert bzw. durch äußere Triebvorrichtungen eine entgegengesetzte Drehbewegung erhält; wesentlich ist nur, daß er keiner Rückbewegung fähig ist, die Dornstange also in einem feststehenden Widerstand eingelagert ist.

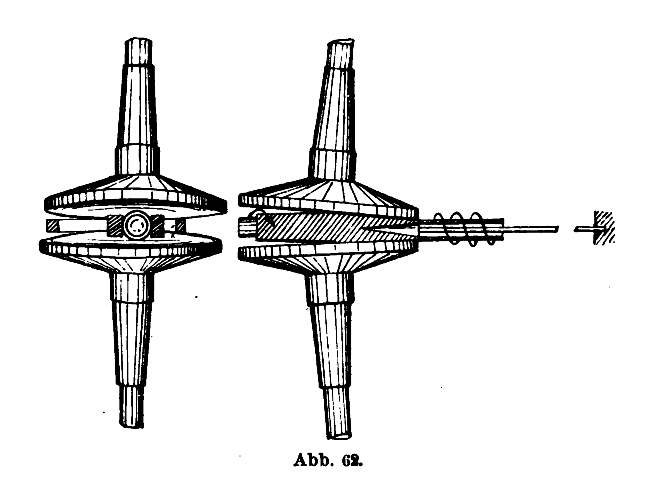


Abb. 62.

Es ist auch nicht nötig, daß dieser Stopfen direkt vor die Stelle geführt ist, wo die Rohrbildung beginnt (wie dies Abb. 62 zeigt), vielmehr kann er ohne Bedenken in ziemlicher Entfernung davon wirken und entsprechend den in Abb. 63 dargestellten Fällen angeordnet sein.

Sind, wie dies in den Abb. 63 veranschaulicht ist, mehrere Walzenpaare an der Auswalzung des Rohres beteiligt, dann hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dem zweiten Walzenpaar eine größere

Schränkung der Achsen bzw. eine größere Differenz in der Höhe der beiden Achsen zu geben als dem ersten Walzenpaar.

Das dünnere Rohrstück wird dadurch rascher vorwärtsgezogen als das dicke, und es entstehen Zugspannungen in dem Werkstück, welche bei Einhaltung richtiger Grenzen nicht schaden, bei zuwenig oder zuviel Vorschubdifferenz aber verderblich wirken. Will man jedoch jeder Gefahr in dieser Beziehung vorbeugen, dann steht es frei, die beiden verschiedenen Walzenpaare neben oder übereinander anzuordnen, wobei dann allerdings das Werkstück meist vor dem zweiten Durchgang eine Neuanwärmung wünschenswert machen wird. In der Praxis ist es üblich, um

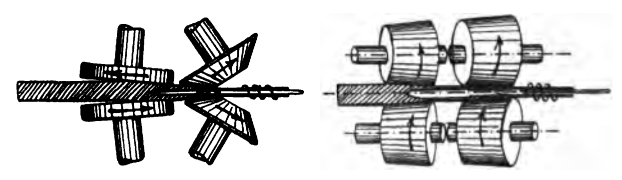


Abb. 63.

ein leichteres und genau zentrisches Ansetzen des Dornes zu sichern, in die Kopfenden oder Stirnseiten des Blockes ein kurzes Loch (Abb. 64) einzuarbeiten, sei es durch Bohrung oder Druck. Dieses einfache Hilfsmittel ist für die Fabrikation sehr wesentlich, da hierdurch die Dornspitze auf ihrem ganzen Umfange gleichzeitig, d. h. in einer Ebene, zum Angriff kommt, welche senkrecht zur Achse des Werkstückes steht und der enorme Kraftaufwand, den die Lochung des Blockes gerade im Anfangsstadium der Walzeneinwirkung erfordert, sich infolgedessen bedeutend ermäßigt.

Bei all den bisher besprochenen Arbeitseinrichtungen des Mannesmann'schen Walzver[illegible] Röhren

handelte es sich stets darum, Hohlzylinder herzustellen, deren Durchmesser kleiner ausfallen mußte als der Massivblock, aus dem sie erzeugt werden sollten. Man gab daher diesen Walzwerken die Bezeichnung Blockwalzwerk bzw. Blockstraße und nannte den Prozeß, von dem bisher immer die Rede war, das Blocken. Das Verfahren hätte aber, wenn es nicht weiter gereicht hätte, kaum als Ersatz für die alte Schweißnahtmethode auftreten können, denn es läßt sich leicht denken, welchen Situationen man ausgesetzt worden wäre, würde beispielsweise ein Rohr von 300 mm zu erzeugen gewesen sein. Der Block hätte dann zumindest 350 bis 400 mm Durchmesser haben müssen und seine Umformung zum Rohre wäre aus verschiedenen Gründen eine recht schwierige geworden. Es mußte daher nach einem Ausweg gesucht werden, der es gestattete, Rohre von erheblichen Weiten auch aus verhältnismäßig viel dünneren Vollzylindern auszuwalzen. In der Tat gelang es den Erfindern denn auch sehr bald, diesen Gedanken in Wirklichkeit umzusetzen und in dem sogenannten Scheibenwalzwerk (Scheibenstraße) ein Mittel zu schaffen, mit dem man unter Zuhilfenahme eines Dornes dünne Rohre von dicker Wand zu weiten Röhren von dünner Wand umformen konnte. Das diesbezügliche Patent, welches wie alle Mannesmann'schen Grundpatente bereits abgelaufen ist, datiert

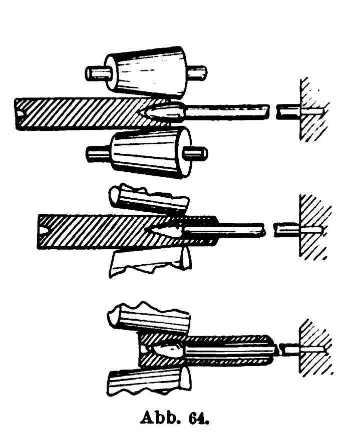


Abb. 64.

aus dem Jahre 1886 und trägt in Deutschland die Nummer 45 892.

Der Hauptanspruch dieser bedeutenden in Abb. 65 dargestellten Neuerung lautet:

Verfahren zum Aufweiten von Röhren, darin bestehend, daß das Werkstück unter Drehung und gleichzeitiger Fortschiebung zwischen Walzen oder Drehkörpern, deren Arbeitsflächen an den Berührungslinien mit dem Werkstück in entgegengesetzter Richtung sich drehen, gegen das dünnere

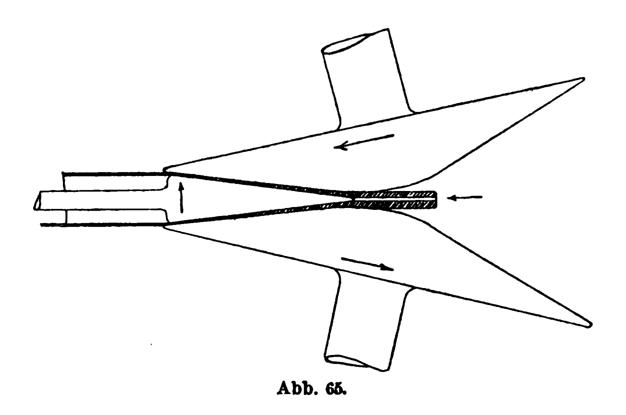


Abb. 65.

Ende und über die Basis eines konischen oder konoidischen Dornes so bewegt wird, daß die Wand des hohlen Werkstückes zwischen Walzen und Dorn gepreßt und unter gleichzeitiger Vergrößerung des innern und äußern Durchmessers des hohlen Werkstückes allmählich verdünnt wird, zu welchem Zwecke die Arbeitsflächen der Walzen oder Drehkörper in der Richtung des vorwärtsbewegten Rohres unter einen Winkel divergieren, der spitzer ist als das Profil des Dornes entlang der Berührungslinie der Walzen oder Drehkörper

mit dem Werkstück und wobei das Werkstück entweder durch Schrägstellung oder verschiedene Höhenlagen der Achsen der Walzen oder Drehkörper vorwärtsgezogen oder durch mechanische oder hydrauliche Vorrichtungen in die Walzen oder Rotationskörper hinein und durch dieselben hindurch bewegt wird.

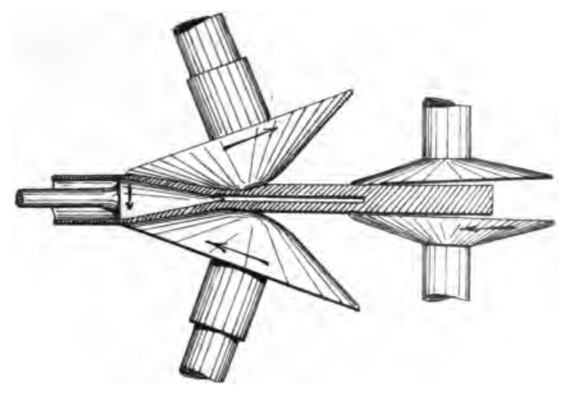


Abb. 66.

Statt indes das vom Block- oder Lochwalzwerk kommende Rohr (je nach Abmessung noch in derselben Hitze oder vorher neu erwärmt) erst einer zeitlich davon getrennten zweiten Operation auf dem Scheiben- oder Aufweitewalzwerk zu unterwerfen, kann man auch wie Abb. 66 lehrt, den vollen Block direkt durch ein Doppelwalzwerk schicken, von denen das erste locht und das zweite, unmittelbar dahinterfolgende, den gehöhlten Block zum verlangten Rohr aufweitet. Das Aufweiten der Rohre, welches nebenbei bemerkt, sehr viel Kraftaufwand verursacht, wird im allgemeinen erst für Röhren von über 150 mm innerm Durchmesser ausgeführt.

Indem damit die wichtigsten Daten des Mannesmann'schen Rohrwalzverfahrens in ihren Hauptzügen behandelt sein dürften, erübrigt es sich noch (da das Pilgerschrittverfahren derselben Erfinder eine Stellung für sich beansprucht und nichts mit der Schrägwalzmethode gemein hat, also auch getrennt behandelt werden muß), im Anschlusse daran einige Mitteilungen über die Entwicklung und gegenwärtige Ausdehnung des Unternehmens zu geben, welches in Deutschland und Oesterreich die Fabrikation nahtloser Stahlrohre nach dem Arbeitssystem Mannesmann betreibt. (In Frankreich wird das Verfahren ausgeübt von der Société Anonyme des Tubes en fer et en acier d'Escaut & Meuse, in England von der The British Mannesmann Tube Co. Ltd. at Landor-South Wales, in Italien von der Societa Tubi Mannesmann in Mailand.) Die Deutsch-Oesterreichischen Mannesmannröhrenwerke, wohl das größte Unternehmen, welches in dieser Art besteht, wurden am 16. Juli 1890 mit einem Kapital von 35 Millionen Mark ins Leben gerufen, wovon die beiden Erfinder Max und Reinhard Mannesmann 16 Millionen als Entgelt für die Ueberlassung der deutschen, österreich-ungarischen, belgischen, luxemburgischen, schweizerischen und italienischen Patente und alleinigen Fabrikationsrechte in diesen Ländern erhielten.

Infolge mangelhaften Prosperiereus der Werke und interner Differenzen zwischen der Werksleitung und den Erfindern, wurde später, nach verschiedentlichen Prozessen und Reorganisationsmaßregeln, das Aktienkapital auf den nunmehrigen Stand von $22^1/_2$ Millionen Mark reduziert, wobei die Erfinder ca. 7 Millionen ihrer anfänglich erhaltenen Patent- und Lizenzgebühren zurückerstatteten.

Nachdem der Geschäftsgang der Werke (Remscheid, Bous und Komotau) bis zum Jahre 1895 recht ungünstig ausgefallen war, und man langsam der stets

neu andrängenden Fabrikationsschwierigkeiten Herr geworden war, gelang es in den folgenden Jahren (von denen einige bekanntlich für die gesamte Eisenindustrie sehr günstig ausfielen) eine steigende Besserung in der Fabrikationstechnik und dem Erträgnis des großzügig angelegten Unternehmens zu erzielen, so daß im Jahre 1899/1900 noch an die Errichtung eines vierten Werkes in Rath bei Düsseldorf, mit einem Kostenaufwand von 6 Millionen Mark, geschritten wurde. Gleichzeitig beteiligte sich die Gesellschaft mit über 1 Million Mark an der Gründung der Deutschen Röhrenwerke in Rath (nicht zu verwechseln mit dem Mannesmannröhrenwerk im gleichen Orte, welches nur nahtlose Röhren und Hohlkörper herstellt), wo ausschließlich die Fabrikation geschweißter, besonders aber stumpfgeschweißter Röhren in größerer Lichtweite betrieben wird. Ende 1905 ging dieses Werk als Abteilung Schweißrohrwerk zum Preise von über $2^1/_2$ Millionen Mark ganz in den Besitz der Deutsch-Oesterreichischen Mannesmannröhrenwerke über. Ferner erwarb die Gesellschaft im gleichen Jahre das Schweißrohrwalzwerk Schönbrunn in Oesterreich-Schlesien, das auf Grund eines ausgedehnten Investitionsprogramms eine Vergrößerung erfahren hat. Im Jahre 1906 erfolgte endlich noch, zum Zwecke der Sicherung des Stahlbezuges, der Ankauf der in Liquidation gekommenen Saarbrücker Gußstahlwerke zum Preise von ca. 1 500 000 Mark.

Die Arbeiterzahl in den der Gesellschaft gehörenden Werken betrug im Jahre 1890/91 ungefähr 1600 Personen — 1900/01 ca. 2500 und gegenwärtig etwa 6400.

Die Produktion, welche 1890/91 den sehr bescheidenen Umfang 4800 t aufwies, im folgenden Jahre sogar auf 4000 t fiel (von der nebenbei erwähnt nur sehr wenig wirklich auf den Markt ge-

kommen ist), erreichte 1900/01 ca. 27000 t und stieg im Jahre 1906 auf über 60000 t, welche einen Wert von über 35 Millionen Mark repräsentieren. An Grundbesitz umfassen die sieben Werke Remscheid, Bous a. Saar, Komotau, Rath, Rath, Schönbrunn und Saarbrücken gegenwärtig über 2200000 Quadratmeter.

Um zum Schluß noch ein ungefähres Bild von dem reichen Einrichtungsapparat zu geben, den diese Werke besitzen, sei von denjenigen Abteilungen, welche nahtlose Hohlkörper erzeugen, im folgenden eine Zusammenstellung des gegenwärtigen Umfanges der Anlagen gegeben.

Remscheid, welches 35968 Quadratmeter Grundbesitz aufweist, ist ausgestattet mit

5 Walzwerken und 1 Versuchswalzwerk nebst diversen Kratzbänken, Dampf- und Lufthämmer, Oefen, Richtpressen, Adjustagemaschinen sowie den dazu erforderlichen Dampfmaschinen mit Zentralkondensation und Kesselanlage. Ferner besitzt es eine Kaltzieherei nebst Beizerei und Oefen und verschiedenen Hilfseinrichtungen. Eine hydraulische Anlage, elektrische Zentrale für Beleuchtungs- und Kraftzwecke, eine große mechanische Werkstätte, Wasserversorgung und eine das ganze Werk umfassende Gleisanlage.

Die Anlage Bous a. d. Saar, welche hauptsächlich nahtlose Kohlensäureflaschen u. dgl. fabriziert und 245771 Quadratmeter Terrain besitzt, umfaßt:

9 Walzapparate nebst Oefen und Zentrieranlage,
3 Heißsägen,
1 Rundwalzwerk,
9 Dampfhämmer,
2 komplette hydraulische Anlagen für 75 und 200 Atm. Druck,
6 Stauchmaschinen nebst den nötigen Feuern und Gebläsen,

1 Kaltziehereianlage mit 11 Doppelketten- und 7 Spindelziehbänken, Kratzbänke, Glühofen und Beizerei nebst zugehörigen Adjustagemaschinen,
1 Kupfer- und Messingrohranlage mit
3 Doppelkettenziehbänken, Adjustagemaschinen, Glüherei und Beizerei sowie mechanische Werkstätte, Modell- und Kistenschreinerei,
1 Preßluftanlage mit 5 Kompressoren,
11 Wellrohr- } kessel von zusammen
4 Babcock-Wilcox- } 1750 qm Heizfläche,
2 Wasserreinigungen, Ueberhitzer und Economiser,
25 Dampfmaschinen } mit zusammen 5000 PS.
2 Turbogenreatoren }

Diverse Richt- und Abstechbänke, Hohlspindel- und Gestängerohrbänke, Spezialmaschinen für die Bearbeitung von Preßgasbehältern und Stahlflaschen, Flaschen- und Rohrprüfmaschinen nebst zugehörigen Dampf- und Lufthämmern und hydraulischen Apparaten.

Endlich noch eine das ganze Werksterrain umfassende Normal- und Schmalspurgleisanlage, erstere mit Lokomotivbetrieb, Schiebebühnen, Verlade- und elektrische Kräne sowie Verladehalle und Magazin.

Das Werk Komotau in Oesterreich-Böhmen besitzt bei 636 540 Quadratmeter Terrain:

12 Walzapparate nebst Warmziehbänken und zugehörigen Dampfhämmern, Richtpressen, Abstech- und Gewindeschneidbänke, Aufmuffmaschinen mit zugehörigen Dampfmaschinen,
1 großes Blockwalzwerk zum Auswalzen von Stahlblöcken sowie
1 Duo-Fertigwalzgerüst, die dazu erforderlichen Dampfmaschinen von insgesamt 5000 PS. Zentralkondensations- und Kesselanlage und

Anwärmeöfen nebst 2 Zentral-Generatoranlagen,
1 Rohrprüfstation,
1 komplette Kaltziehereianlage,
1 komplette Einrichtung für Masten-, Rohrschlangen- und Flanschenfabrikation,
1 Geschoßabteilung,
1 Hammerwerksanlage mit Fassonschmiede,
9 Dampfhämmer und zugehörige Oefen sowie Schmiedefeuer,
1 Eisen- und Metallgießerei,
1 mechanische Werkstätte,
1 hydraulische Zentral-Kraftstation mit Akkumulator,
1 Teererei und Juterei (Anlagen, in denen die Rohre geteert und mit Jute bekleidet werden, um sie rostsicher zu machen),
1 Normalspurgleisanlage und eine das gesamte Werksterrain umfassende Schmalspurbahn,
1 elektrische Beleuchtungszentrale,
1 Gasbeleuchtungsanstalt,
1 Wasserwerksanlage,
1 Braunkohlengrube mit über 100 000 t Förderung, welche ausschließlich im Werke verbraucht wird.

Die Abteilung Rath, welche die größte Anlage der Gesellschaft darstellt und bei vollem Betrieb allein 50000 t Rohrkörper erzeugen kann, hat auf einem Grundbesitz von 552 465 Quadratmeter:

12 große Walzapparate nebst Walzwerksspezialmaschinen, Kratzbänke, Dampfhämmer, Oefen, Richtpressen, Adjustage-Spezialmaschinen sowie die dazu benötigen Dampfmaschinen von insgesamt 7000 PS. mit Zentralkondensations- und Kesselanlage,
1 Spezialeinrichtung für Bohrrohre, Maste, Lade-

bäume, Bootsdavits, Deckstützen und Grubenstempeln,
1 Spezialwerkstätte für Muffenrohre,
1 Teererei, Juterei und Beizerei,
2 hydraulische Anlagen für Preßwasser von 80 Atm.,
1 Preßluftanlage,
1 elektrische Zentrale für Licht- und Kraftzwecke
1 Maschinenfabrik für Reparaturen und Neuanlagen,
1 Schreinerei,
diverse Verladeeinrichtungen sowie elektrische und hydraulische Hebezeuge,
3 Normalspur-Lokomotiven nebst Gleisanlage,
1 das ganze Werk umfassende Schmalspurbahn mit 6 Schiebebühnen.

Fünfter Abschnitt.

B. Diverse Schrägwalzverfahren.

Wie sehr die praktische Ausführbarkeit des Mannesmann'schen Schrägwalzverfahrens anfänglich auch auf Schwierigkeiten stieß, und wie unsicher so mancher Eingeweihte der Entwicklung desselben folgte, das ungeheure Aufsehen, welches die Methode allerorts erregt hatte, und die glänzenden Erträgnisse, welche den Erfindern aus der Sache zuflossen, verlockten gar bald andre Fachleute und Laien dazu, ähnliche Fabrikationswege zur Herstellung nahtloser Stahlrohre zu suchen. Insonderheit waren es natürlich solche Techniker und Ingenieure (die durch Modifikationen und Aenderungen der genial ersonnenen

Arbeitsweise Konkurrenz zu machen suchten), welche bei den Erfindern selbst in die Schule gegangen waren und mit so mancher Schwäche des noch unvollkommenen Verfahrens vertraut wurden. In Europa hatten zwar die bald eintretenden Enttäuschungen auf die Empfänglichkeit der Industrie für derartige Bestrebungen stark ablehnend eingewirkt, und nicht wenigen Neuerfindern goldene Zukunftsträume zerstört, aber in Amerika, wo der Ausdehnungsfähigkeit einer großen industriellen Sache kaum Grenzen gezogen sind und ein Ueberfluß an Kapitalien teuren, aber aussichtsreichen Experimenten eher Gelegenheit bietet, festen Fuß zu fassen, traten die Nachahmer und Umformer des Mannesmannprozesses um so eifriger hervor, als die Urerfinder, ermutigt durch ihre europäischen Patentverkäufe, dort Summen für die Hergabe ihres Verfahrens beanspruchten, die in Verbindung mit weitern kaufmännisch gedachten Forderungen selbst dem unternehmungsgeneigten Yankee etwas exorbitant schienen. Dazu mag im fernern noch beigetragen haben, daß ihr Nationalstolz den heimischen Patentinhabern ähnlicher Fabrikationsmethoden entschieden mehr Sympathie entgegenbrachte.

Unter den vielen, die anfangs und Mitte der neunziger Jahre dort in dieser Sache erfolgreiche Neuerfindungen im Rahmen des von Mannesmann angeregten Arbeitsweges machten, ist an erster Stelle ein ehemaliger Mitarbeiter Mannesmanns namens Ralph Charles Stiefel aus Pennsylvannia (V. St. A.) zu nennen.

Sein daselbst unter Nr. 551 340 geschütztes Verfahren (in England Nr. 23 702 vom Jahre 1895, in Deutschland soviel der Verfasser ausfindig machen konnte, nicht patentiert) beruht wie die Abb. 67 zeigt, darauf, daß ein Massivblock durch zwei parallele Walzen mit Hilfe eines spitzen Dornstopfens gelocht wird. Wesentlich un[illegible] von Mannes-

mann ist jedoch dabei, daß keine spiralförmig gewundene und verdrehte Faserlagerung im Werkstück hervorgebracht wird, und infolgedessen auch ein weit minderwertigeres Material verarbeitet werden

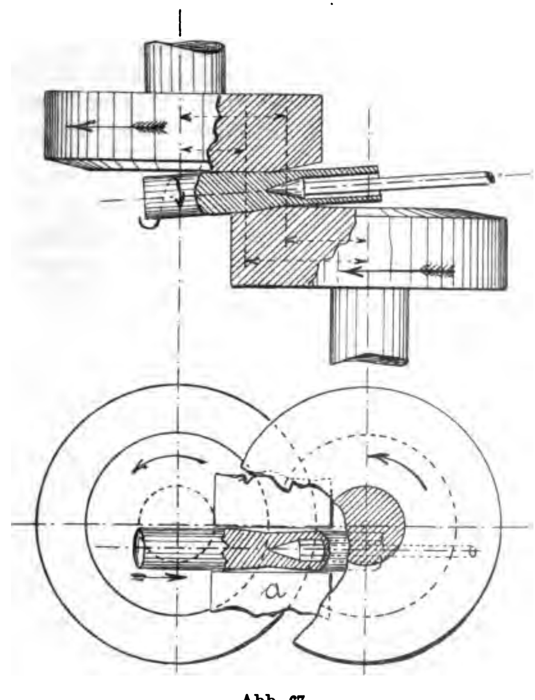


Abb. 67.

kann wie bei Mannesmann, wo die äußerst intensive Beanspruchung des Materials durch den Arbeitsprozeß nur ganz besonders hervorragende und gute Qualitätsstahle ohne übermäßigen Ausschuß verwendbar machen. Zwar pflegen die Vertreter des Stiefel-

verfahrens mit Vorliebe zu betonen, daß die Nichtzerstörung der Materialfaserlage und deren Belassung in paralleler Langfaser-Struktur ein besonderer Vorteil sei, indes es darf doch nicht unerwähnt bleiben, daß die scheinbare Zerstörung des Blockgefüges bei Mannesmann in Wirklichkeit nicht ernst zu nehmen ist; denn wenn schon ein Zerreißen und eine Deformation der einzelnen Teile stattfindet, so erfolgt doch durch den Druck des Dornes, in und um die entstehende oxydfreie Rohrhöhlung, eine innige und

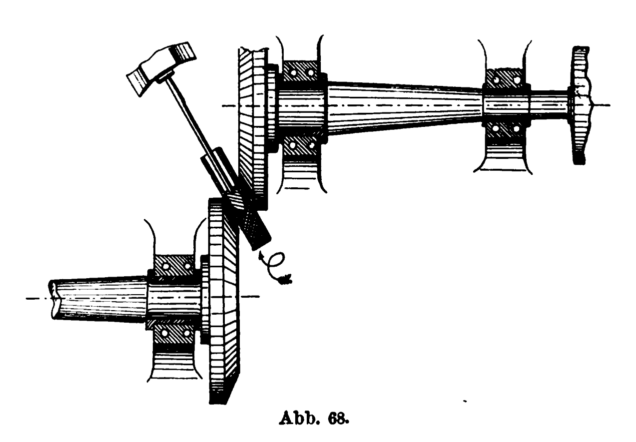


Abb. 68.

sichere Verschweißung derselben, so daß das Endprodukt ein durchaus homogenes und dichtes Gefüge zeigt, welches gerade auf Grund der Faserverfilzung widerstandsfähiger sein muß als ein nur axial in der Faserrichtung gestrecktes Material.

Die Arbeitswalzen besitzen bei Stiefel eine vertikale, oder wie Abb. 68 veranschaulicht, eine gegeneinander um 90 Grad versetzte, Achsenlagerung und sind so angeordnet, daß ihre Arbeitsflächen sich überlappen. Eine dieser Arbeitsflächen, oder auch

beide, sind schräg, so daß das durchgehende Werkstück gleichfalls eine von der Horizontalen abweichende Richtung besitzt. Der Drehungssinn beider Walzen ist derselbe, und der Durchgang des glühenden Blockes, behufs Umwandlung in einen Hohlzylinder, erfolgt parallel zur Achsenebene der Walzen, mit gleichzeitig drehender als auch vorwärtsstrebender Bewegung. Das Verhältnis der Arbeitsflächen zum Werkstück ist ein solches, daß letzteres in jedem Teile seiner Oberfläche gleiche Geschwindigkeit und Bewegung erhält, und der zwischen zwei seitlichen Führungsklötzen *a* (Abb. 67) passierende Block beim Ueberschieben über den spitzen Dornkopf außer der Bohrung und einer geringen Durchmesserveränderung nur eine Längsstreckung erhält. Besondere Vorrichtungen, um den Block vorzuschieben, sind nicht nötig. Der Dorn kann, ebenso wie bei Mannesmann, unbeweglich oder rotierend gelagert sein, doch empfiehlt sich das letztere, da dadurch ein schnelleres und leichteres Lochen des Blockes gewährleistet ist. In der Praxis werden gewöhnlich Blöcke von nicht über $^1/_2$ m Länge verarbeitet, wobei der Kraftaufwand nur $^1/_3$ des Mannesmannverfahrens erreicht und das Kalo oder die Summe des Abfalles und Ausschusses selten 20 $^0/_0$ des Einsatzes überschreiten soll. In Europa wird das Verfahren von den drei englischen Werken Climax Co., Star Co. und Credenda Tube Works in Birmingham ausgeübt, während es in Amerika vorzugsweise die Shelby Steel Tube Company in Pittsburgh (Pennsylvania) ist, welche nach dem Verfahren arbeitet. Letztere Gesellschaft siegte auch vor einigen Monaten in einem mehrjährigen Prozeßstreite gegen die Delaware Seamless Tube Company Auburn, welche die Patente Stiefels anfocht.

Eine etwas andre Ausführungsform desselben Verfahrens, bei der Kegelstumpfwalzen, deren Achsen und Arbeitsflächen einem gemeinsamen Punkte

zustreben, Verwendung finden, ist in Abb. 69 dargestellt. Die Walzachsen liegen mit dem Durchgang des Werkstücks in ein und derselben Ebene und rotieren, wie durch Pfeile markiert ist, in gleichem Sinne.

Der Arbeitsflächenabstand an der Eintrittsstelle ist etwas größer als an der Austrittsseite, so daß das Werkstück mit etwas reduziertem Durchmesser das Walzwerk verläßt und sein Gefüge komprimiert worden ist. Da die Walzen selbst den Block aber nicht vorstoßen, sondern ihm nur eine axiale Drehung erteilen können, bedarf es einer Druckvorrichtung bzw. eines hydraulisch oder sonst wie betätigten Preßklotzes, der auf den Rücken des Arbeitsstückes einwirkt und es gegen resp. über den Dorn stößt. Dieser ist mit seinem breitesten Stopfenteil gerade dort gelagert, wo die Walzenoberflächen den geringsten Abstand voneinander besitzen.

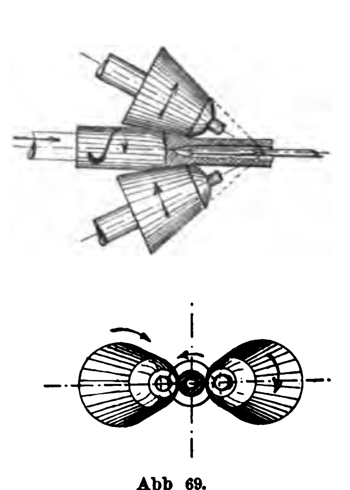


Abb 69.

Besäßen die Walzen eine zylindrische Arbeitsfläche so würden, bei der schrägen Achsenstellung, diejenigen Teile des Blockes eine größere Geschwindigkeit erhalten, welche den kleinern Durchmesser hätten, d. h. es würde, wie dies bei Mannesmann der Fall ist, eine Verdrehung der einzelnen Materialteile stattfinden; so aber ist diese unmöglich gemacht, weil die einander zustrebenden Arbeits-



flächen derart wirken, daß diejenigen Teile des Blockes, welche einen größern Durchmesser haben, auch von entsprechend großen Walzendurchmessern bearbeitet werden, und umgekehrt die im Durchmesser verminderten Blockpartien nur von solchen Walzenflächen berührt werden, deren Durchmesser um ein Gleiches kleiner geworden sind. Es erhält also jeder Punkt des Blockes, gleichviel ob er sich mehr oder weniger nahe an der Arbeitsstelle befindet, d. h. einen kleinern oder größern Durchmesser besitzt, immer dieselbe Umfangsgeschwindigkeit.

In Abb. 70 ist die Anordnung, der im übrigen wie beschrieben gestalteten Walzen, so getroffen,

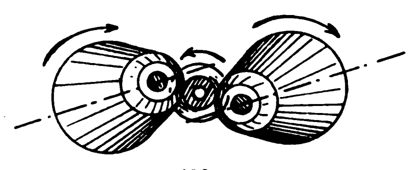


Abb. 70.

daß ihre Achsen zwar in parallelen aber doch verschiedenen Ebenen liegen und das Werkstück in einer zu den Achsenebenen parallelen dritten Ebene passiert. In diesem Falle bewirken die Walzen selbst den Durchstoß des Blockes, und es bedarf nicht der separaten Hilfe eines sonstigen Triebmittels wie bei Abb. 69.

Eine weitere Modifikation des Stiefelschen Verfahrens hat der Engländer James Lorrain im Jahre 1898 bekanntgegeben. Dieselbe ist in den Abb. 71 und 72 wiedergegeben und unterscheidet sich nur dadurch von der ältern Ausführungsform, wie sie Stiefel vertritt, daß statt konischer Rollen diesmal zwei Scheiben oder eine Scheibe und eine konische

Rolle als Walzenkörper gewählt sind. Die Achsen derselben divergieren nach einem gemeinsamen Punkt, dem auch die Verlängerungen der Arbeitsflächen zustreben.

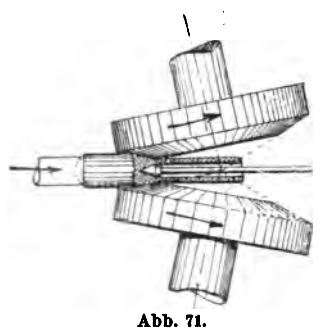


Abb. 71.

Liegen die Achsen der beiden Walzkörper in einer Ebene, dann ist es notwendig, den Block durch ein separates Druckmittel vorwärts zu stoßen, liegen dieselben jedoch wie in den Abb. 73 in verschiedenen Ebenen, so vollzieht sich der Durchgang des Werkstückes ohne Hilfsvorrichtungen.

Fast gleichzeitig mit Lorrain erhielt der Ingenieur John Charnock in Greenville (Pennsylvania, V. St. A.) ein englisches Patent auf ein dem Stiefelprozeß ebenfalls sehr nahe verwandtes Verfahren, bei dem wie Abb. 74 zeigt, die Walzkörper aus zwei, mit ihren Grundflächen gegeneinandergelegten Kegelstumpfgebilden bestehen, also zwei verschieden gerichtete Arbeitsflächen haben. Die Walzen rotieren im gleichen Sinn und erteilen, da ihre Achsen einen Winkel bilden, dem Block eine Dreh- und Schubbewegung, so daß er gezwungen ist, sich über die konische Spitze des Dornstopfens zu schieben, dessen breiteste Stelle ganz nahe oder direkt an der Aus-

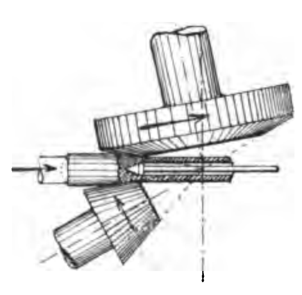


Abb. 72.

trittsstelle des Blockes liegt, während seine Spitze genau in der Mitte derjenigen Zone liegt, wo die Arbeitsflächen den geringsten Abstand voneinander haben. In dieser Zone bzw. an dieser stärksten Einschnürungsstelle des Blockes, besitzen die beiden Walzen (welche so angeordnet sind, daß die eine ihren kleinsten Durchmesser bei der Eintrittsstelle des Blockes, ihren größten bei dessen Austrittsstelle hat und umgekehrt die andre Walze ihren größten Durchmesser bei der Eintrittsstelle hat usw.)

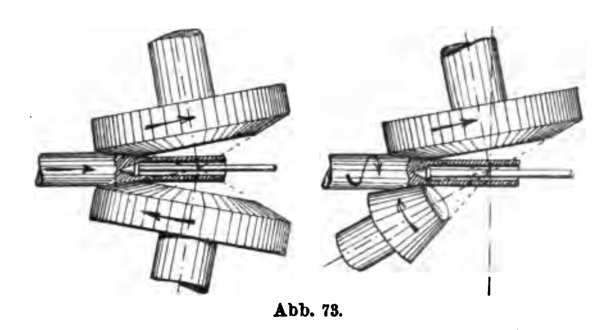


Abb. 73.

gleiche Peripherielänge, mithin bei gleicher Tourenzahl auch gleiche Umfangsgeschwindigkeit.

In Abb. 75 ist eine Abänderung des Verfahrens dargestellt, bei der eine Walze faßförmig ausgebildet ist und die andre als dicke Scheibe mit sehr stumpfem Konus gewählt wurde. Auch Abb. 76 zeigt eine ähnliche Anordnung. In beiden Fällen sind die Achsen der beiden Walzkörper fast um 90 ^{0} gegeneinander versetzt.

Sollen die Massivblöcke nur gelocht, nicht aber auch noch nach der Lochung durch eine zweite Arbeitsfläche eine mehr oder minder erhebliche Verdünnung und Streckung der entstandenen Hohlkörperwandung erhalten, so genügt es nach Angabe des

Erfinders auch den beiden Walzkörpern nur je eine Arbeitsfläche zu geben und sie nach Art der Abbildung 77 zu formen. Als dritte Umgehung und Umformung des Stiefelschen Patents gibt sich das

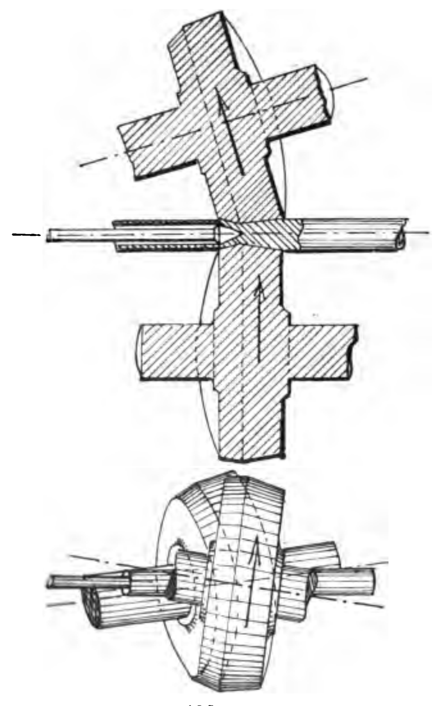


Abb. 74.

dem Amerikaner John Calvin Sturgeon in Erie (Pennsylvania, V. St. A.) geschützte und in Abb. 78 veranschaulichte Verfahren zu erkennen. Ueber eine vertikal gelagerte Scheibe mit kegelstumpfförmig

gestalteter Arbeitsfläche wirken zwei, mit ihren Achsen und Arbeitsflächen auf einen gemeinsamen Punkt zustrebende, konische Walzen auf ein dazwischen geführtes Werkstück ein. Die beiden konischen Walzen überlappen den Scheibenrand und ziehen den Block unter beständiger Rotationsbewegung durch die allmählich enger werdende Oeffnung über

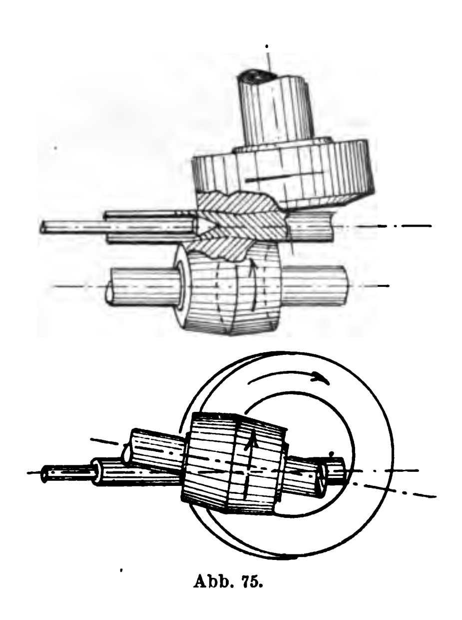


Abb. 75.

die Spitze eines Dornes, dessen größter Stopfendurchmesser in der engsten Durchgangszone liegt. Da die gleichzeitige Einwirkung von mehr als zwei Walzkörpern auf den Umfang eines zylindrischen, zur Lochung bestimmten, Arbeitsstückes auch schon von Stiefel ins Auge gefaßt war (er schlug vor, vier Walzen mit kreuzförmig versetzten Achsen anzu-

wenden, wie dies Abb. 79 zeigt), so ist der Steuerungsgedanke der Erfindung Sturgeons nicht von großer Bedeutung. Belangvoller zeigt sich in dieser Beziehung eine Erweiterung des Stiefelschen Ver-

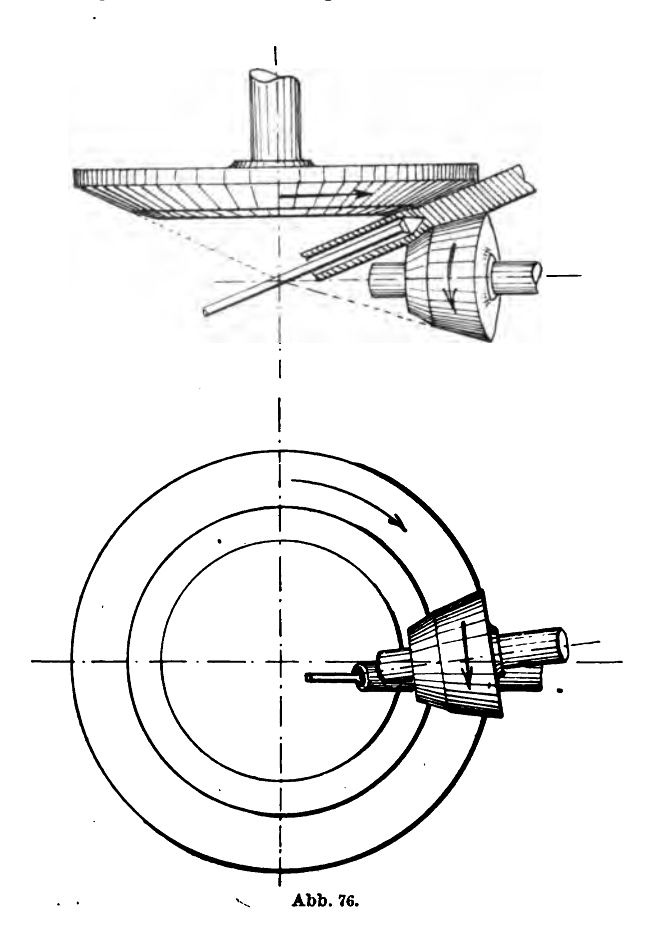


Abb. 76.

fahrens, die von seinem Landsmann Leonhard Davis in Erie herrührt und auch in Deutschland patentiert wurde (Nr. 128263).

Davis arbeitet mit zwei exzentrisch zueinander angeordneten Scheiben und bezweckt neben einer starken Streckwirkung die Vermeidung einer stärkern Faserverdrehung des Blockes, so daß man imstande

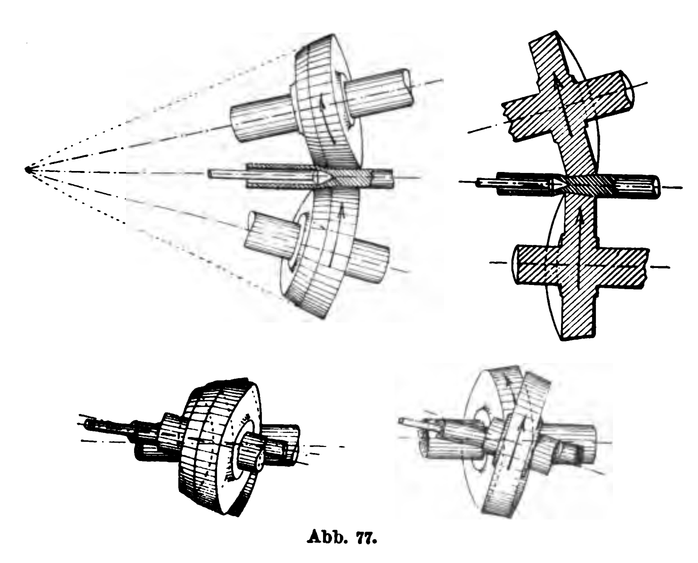


Abb. 77.

ist, auch minderwertige Stahlsorten und Schweißeisen zu Röhren auszuwalzen.

Es wird dies dadurch erreicht, daß die Entfernung der entsprechenden, sich gegenüberliegenden, Berührungspunkte des Blockes mit den Arbeitsflächen der Walzscheiben von einem in der Nähe der Scheibenmitten, in der Achse des Werkstückes gelegenen Punkte nach dem Umfange der Scheiben hin derart zunehmend gemacht wird, daß dem Arbeitsstück-

auf der ganzen Arbeitslänge eine gleiche Umdrehungsgeschwindigkeit sowie eine stetig nach dem Mittelpunkt der Scheiben hin zunehmende Vorwärtsbewegung erteilt wird.

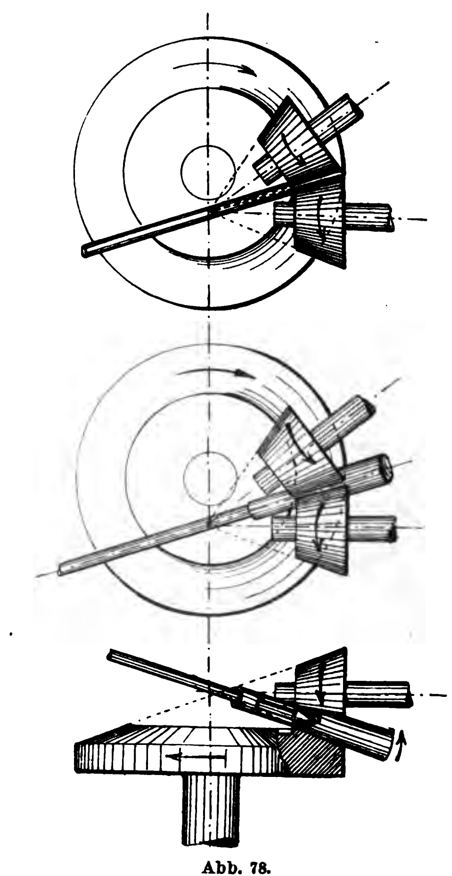


Abb. 78.

Die beiden Walzscheiben besitzen, wie aus Abb. 80 hervorgeht, stark abgeschrägte Arbeitsflächen und sind auf parallelen oder in einem Winkel zueinander geneigten Achsen befestigt. In der Mittellinie zwischen denselben ist die Dornstange mit dem spitzen Kopfe angeordnet. Zur Führung des Metallblockes zwischen den Walzscheiben dienen zwei Führungsklötze.

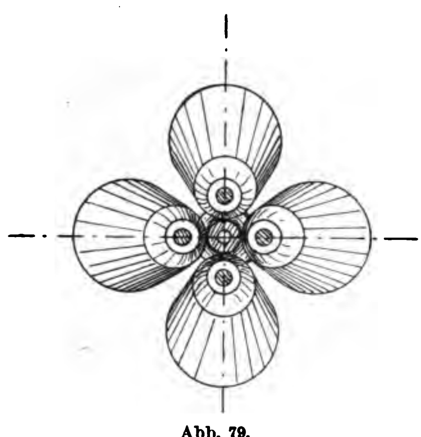


Abb. 79.

Die schrägen Arbeitsflächen der Walzen sind derart ausgebildet, daß ihre Verlängerungen sich in einem Punkte schneiden, welcher in der Mitte zwischen den beiden Achsen liegt. Ihr Neigungswinkel ist nach Angaben des Erfinders so gewählt, daß bei einem Schnitt durch die senkrechte Mittellinie der beiden Scheiben die Verlängerung der schrägen Fläche der obern Walzscheibe mit der Verlängerung der Abschrägung der untern Walzscheibe zusammenfällt und sich mit der Achse des Blockes in einem Punkte schneidet.

Wenn man sich also die Scheiben bis zum Schnittpunkte ergänzt denkt, würden sie sich bei ihrer im entgegengesetzten Sinne erfolgenden Drehung genau

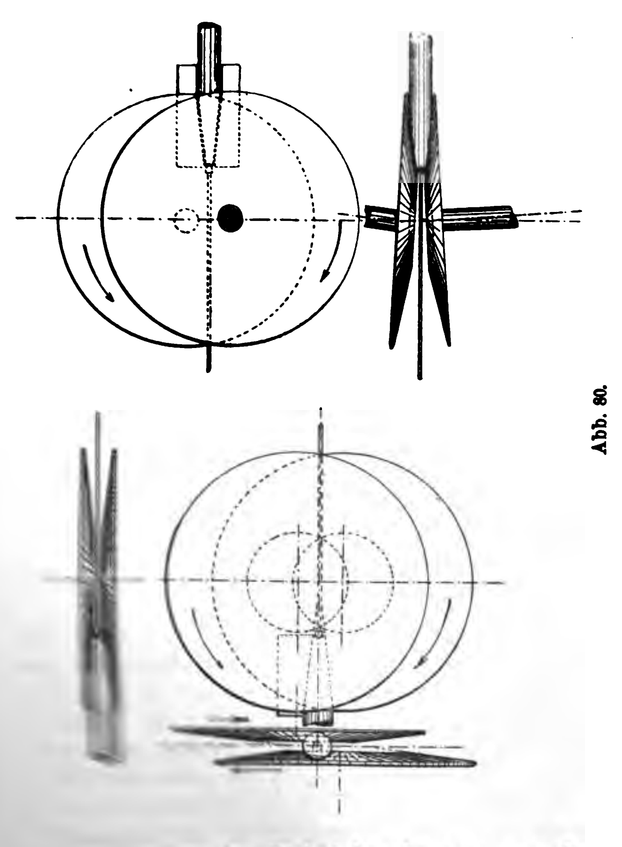


Abb. 80.

Walzstabes bewegen, so daß, der Abb. 80 veranschaulicht Punkte dem Arbeitsstücke

nur eine Längsbewegung erteilten. In bezug auf eine Drehbewegung könnte man den Schnittpunkt demnach einen Nullpunkt nennen.

Gibt man nun dem Blocke bei seiner ersten Berührung mit den Arbeitsflächen der Scheiben einen beliebigen Durchmesser und gestaltet dementsprechend die Entfernung der Scheiben an ihrem äußern Umfange, so wird eine Faser- oder Materialverdrehung im Werkstücke nicht erfolgen, wenn zwischen dem Schnittpunkt und dem äußern Scheibenumfange kein weiterer Berührungspunkt mit dem Walzstabe vorhanden ist.

Nimmt man den Schnittpunkt, in welchem die gedachten Verlängerungen der beiden schrägen Walzflächen sich treffen, als denjenigen Punkt an, in welchem gar keine Drehung, und einen Punkt am Umfange der Scheibe als denjenigen Punkt an, in welchem die größte Drehung vorhanden ist, so ist es, um allen Teilen des Arbeitsstückes eine gleichmäßige Drehung zu erteilen, nur nötig, dem keilförmigen Ausschnitt zwischen dem erstern Schnittpunkt und den Punkten des äußern Umfanges der Scheibe eine derartige Gestalt zu geben, daß dem Walzstab an jedem Berührungspunkt ein zu dem Durchmesser des Werkstückes an dem äußern Scheibenumfange direkt proportionaler Durchmesser verliehen wird, um die Unterschiede der Drehungsgeschwindigkeiten der Scheiben an den verschiedenen Berührungspunkten auszugleichen.

Die Vorwärtsbewegung des Walzstabes wird dadurch erreicht, daß die Scheiben letztern nicht senkrecht zu seiner Achse berühren, sondern in schräger Richtung auf denselben einwirken. Dies verursacht sowohl eine Drehbewegung als auch eine Längsverschiebung. Wenn die Berührungslinie (des Werkstückes mit den Scheiben) in derselben wagerechten Ebene mit der Achse des Blockes läge, so

wäre die die Längsverschiebung hervorrufende Wirkung aller Teile der Arbeitsflächen dieselbe, weil die schräge Richtung der Bewegung der Scheiben in der Nähe des äußern Umfanges geringer ist als nach den Mitten der Scheiben zu und mithin die größere Arbeit an dem äußern Umfange vollständig die Differenz in der Richtung der Arbeit ausgleicht.

Nächst dem Verfahren von Stiefel hat sich in Amerika noch eine Arbeitsmethode viele Anhänger erworben, die von dem Ingenieur John Hancock Nicholson in Pittsburg herrührt.

Dieser benutzt, wie aus Abb. 81 erkenntlich ist, Walzen mit doppelkonischen Arbeitsflächen, von denen die eine größere, weniger, die kleinere, stärker verjüngt ist. Die Walzen haben gleichen Drehungssinn und ihre Achsen sind so angeordnet, daß sie zwar unter fast rechtem Winkel in parallelen Ebenen liegen, aber die Verlängerungen der Achsen das Werkstück nicht treffen, sondern nach verschiedenen Seiten außerhalb desselben fallen.

Erweiterungen und Verbesserungen dieses Verfahrens sind von demselben Erfinder in den amerikanischen Patenten Nr. 718723 und 765986 niedergelegt, denen im Jahre 1904 ein deutsches Patent Nr. 174372 gefolgt ist. In dem letztern wird die Erzeugung selbst dünnwandiger Rohrkörper erstrebt und durch mehrere auf einem Walzenkörper zusammengedrängte Arbeitsflächen sowie durch eine vielgliedrige Ausbildung des Dornkopfes eine Reihe von sich schnell folgenden Querschnittsveränderungen des Werkstückes hervorgerufen.

Bei den bisherigen Schrägwalzmethoden war immer nur ein mehr oder minder kurzer und dickwandiger Rohrzylinder herstellbar, der seine weitere Ausformung und verkaufsfähigen Maße erst durch separate Arbeitsoperationen erhalten mußte, während die vorliegende

Erfindung darauf hinzielt, dem aus dem vollen Werkstück erzeugten Hohlzylinder direkt so dünn und lang auszuwalzen, daß die Nacharbeiten auf ein

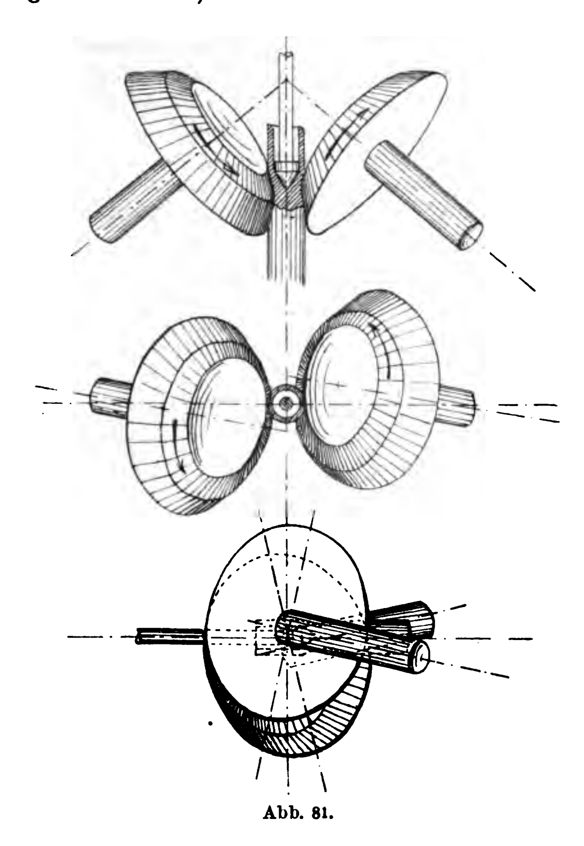


Abb. 81.

Minimum beschränkt werden. Bei der Ausführung des Verfahrens wird der Block zuerst gelocht und von denselben Walzen, welche diese Lochung hervor-

gerufen haben, dann der Hohlkörper aufgeweitet sowie in der Wandstärke allmählich vermindert und im Durchmesser verkleinert oder kalibriert. Der Dorn erhält zu diesem Zwecke vor dem Teil, welcher das fertige Kaliber bestimmt, eine oder mehrere Einschnürungen, welche von dem äußern Durchmesser des Werkstückes vermindernden Walzflächen umkreist werden, so daß das Material in einen die Einschnürungen umgebenden Leeraum eintreten kann.

Die Walzen schließen ein Kaliber mit zur Vorschubrichtung abwechselnd divergierenden und konvergierenden Walzflächen ein, während der Dorn abwechselnd mit zur Vorschubrichtung divergierenden Flächen und Einschnürungen versehen ist, derart, daß die divergierenden Flächen der Walzen mit den divergierenden Flächen des Dornes zusammenwirken und die konvergierenden Flächen der Walzen in die die Einschnürungen umgebenden Leerräume des Dornes hineinarbeiten. Der Dornkopf besteht deshalb am besten aus einzelnen unabhängig voneinander um den Dorn drehbaren Ringen, welche durch Unterlegscheiben voneinander getrennt sind.

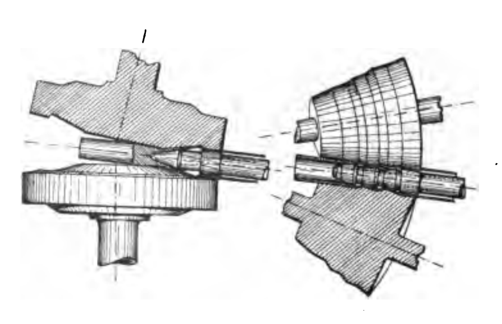


Abb. 82.

Der Walzenkörper braucht, wie aus den Darstellungen der Abb. 82 u. 83 deutlich hervorgeht, nicht aus einem Stück zu bestehen und wird speziell dann, wenn er Scheibengestalt hat, vorteilhaft durch aufgeschraubte Formringe kalibriert sein. Als letzte vom Auslande stammende Neuerung des Schrägwalz-

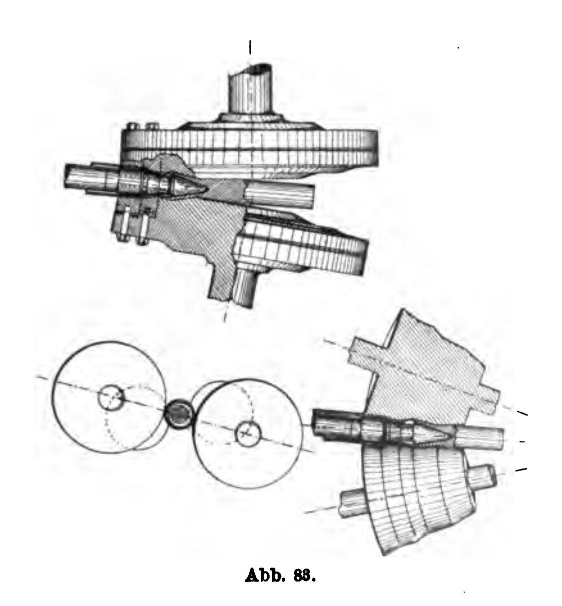


Abb. 83.

verfahrens sei zum Schluß noch eine Verbesserung von William Dicks in Beaverfalls (Amerik. Patent Nr. 693 381) erwähnt, die in Abb. 84 dargestellt ist und den Zweck hat, dem aus dem Schrägwalzwerk austretenden Rohrende (welches infolge der raschen Walzenumdrehung heftige Erschütterungen erhält und außer, daß es für die in der Nähe befindlichen Personen Belästigungen und Gefahren verursacht

auch selbst leicht deformiert wird) eine Führung zu geben.

Das von den Walzscheiben über den Dorn getriebene und gelochte Werkstück gleitet bald nach Beginn der Rohrbildung auf eine Stützbüchse *a*,

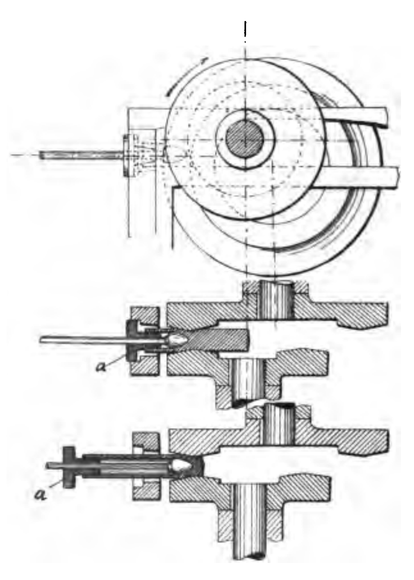


Abb. 84.

welche sich entlang der Dornstange bewegen kann und von dem länger werdenden Rohrstück entsprechend verschoben wird.

Unter den deutschen Erfindern ist es hauptsächlich der Schweizer Ingenieur Otto Heer in Zürich, ein langjähriger Rohrpraktiker und ehemaliger Mitarbeiter Mannesmanns, der mit Verbesserungen auf dem Gebiete des Schrägwalzverfahrens hervorgetreten ist.

In seinem aus dem Jahre 1903 datierten deutschen Reichspatent Nr. 159 380, dem auch die Abb. 85 entnommen ist, gibt er ein Mittel an, um die Loch-

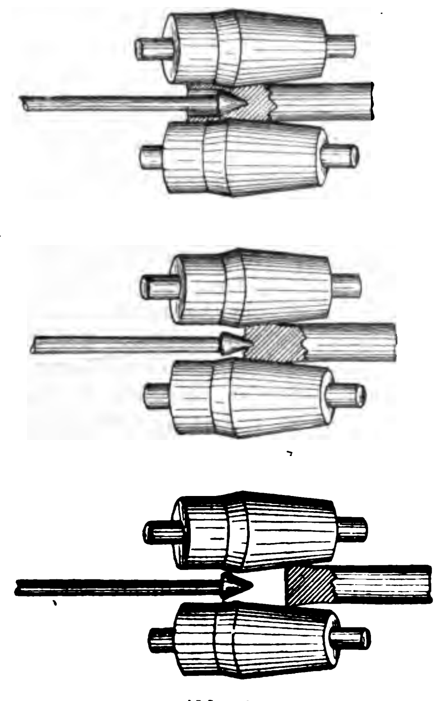


Abb. 85.

bildung beim Werkstück im Anfangsstadium der Walzung zu erleichtern.

Gemäß der bei Besprechung des Mannesmannverfahrens entwickelten Rohrbildungstheorie findet bekanntlich von dem Augenblicke an, wo das Werkstück von den Walzen erfaßt wird, ein Abdrängen

der Mittelschichtsmoleküle des Werkstücks nach außen hin und damit eine Lockerung der um die Längsachse des Blockes sich gruppierenden Materialfasern statt. Ist nun der Block von zylindrischer Form, d. h. auf seiner ganzen Länge vom gleichen Durchmesser, dann tritt die Wirkung der Walzen und damit der Beginn der Rohrbildung immer erst ein, wenn die Stirnfläche des Stückes bereits die Spitze des zwischen den Walzen befindlichen Dornes erreicht hat, oder nahe der Austrittsstelle aus den Walzen gekommen ist. Infolgedessen hat die gleichzeitig mit der Rohrbildung beginnende Lockerung der Mittelschichten beim Auftreffen der Stirnseite gegen die Dornstangenspitze noch nicht einen solchen Grad erreicht, daß der Dorn, ohne erheblichen Widerstand zu finden, in die Achse des vorgetriebenen Werkstückes einzudringen vermag. Um diesen dem Eindringen sich entgegenstellenden Widerstand soweit zu erniedrigen, daß eine Stockung im Verlauf des Walzprozesses nicht eintreten kann, hatte Alfred Mannesmann (D. R. P. Nr. 100001) den Ausweg ersonnen, die Mittelpartien der Stirnseite des Blockes am Einführungsende vor Beginn des Walzens zu entfernen, d. h. den Block ein wenig unter der Presse zu lochen oder auszudrehen.

Heer sucht eine ganz ähnliche Wirkung zu erzielen, ohne jedoch dem Blocke Material zu entnehmen oder an kostspielige Vorarbeiten gebunden zu sein und gibt zu diesem Zwecke dem Block entweder eine kegelförmig verstärkte Stirnseite, also gerade die entgegengesetzte Gestaltung (was weder viel Zeit noch besondere Einrichtungsapparate erfordert, da der Block ohnedies stark glühend zu den Walzen gebracht werden muß und auf dem Wege dahin durch Aufstoßen oder Schlag leicht am Ende etwas dicker geformt werden kann) oder dem Walzwerke eine solche Bauanordnung, daß der Abstand

der Arbeitswalzen voneinander selbsttätig verstellt werden kann und bei Beginn des Auswalzens geringer ist wie im weitern Verlauf des Prozesses, mithin

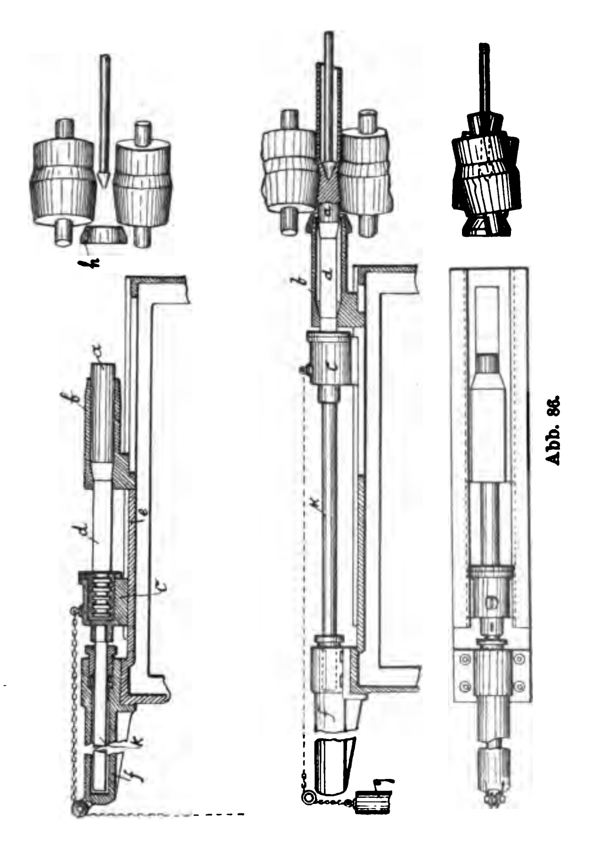


Abb. 88.

also das vordere Ende des Werkstückes früher von den Arbeitsflächen erfaßt wird, und bis zum Anstoß an die Spitze des Dornes längere Zeit unter der

Einwirkung der Walzen gehalten ist, als beim spätern Walzen mit normalem Abstand der Fall ist.

In beiden Fällen wird die Lockerung der zentralen Werkstückschichten soweit gesichert, daß sie beim Aufstoßen gegen die Dornspitze für den Weitergang des Blockes keinen nennenswerten Widerstand mehr verursachen.

In Abb. 86 ist eine Vorrichtung desselben Erfinders zur Darstellung gebracht, welche das zentrische Eindringen des Blockes zwischen die Arbeitswalzen sichern soll und gleichzeitig die zu schnelle Abkühlung des noch nicht von den Walzen ergriffenen Werkstückes verhindert.

Das den Walzen zuzuführende Werkstück *a* wird hierbei, wie in der diesbezüglichen Patentschrift (D. R. P. Nr. 161 303) unter anderm ausgeführt ist, von einer Hülse *b* aufgenommen, welche dasselbe mit geringem Spiel auf dem größten Teil seiner Länge umschließt. Die Hülse *b* ist mit einem Kopfstück *c* durch eine Stange *d* verbunden, deren als Ringzapfen ausgebildetes Hinterende von entsprechenden Lagerschalen des Kopfstückes umfaßt wird, während ihr mit zunehmendem Durchmesser konisch gestaltetes Vorderende in dem, in gleicher Form gebildeten, hintern Ende der Hülsenbohrung gelagert ist. Die Hülse *b* und das Kopfstück *c* werden von einer vor dem Schrägwalzwerk befindlichen Bettung *e* getragen, längs deren sie unter ständiger Aufrechterhaltung der Lage ihrer Bohrungen konzentrisch zur Achse des Walzdornes verschoben werden können. Diese Verschiebung erfolgt in der Richtung zum Walzwerk unter Vermittlung der gegen das hintere Ende des Kopfstückes angreifenden Druckstange *k*, welche als Plungerkolben eines gegen das hintere Ende der Bettung befestigten Zylinders *f* ausgebildet ist und durch Druckwasser oder gespannte Gase vorgeschoben wird. Ein bei der Vorbewegung gehobenes

Gewicht g, deren über eine Rolle geführte Aufhängekette an der Oese des Kopfstückes c angreift, bewirkt den Rückzug des letztern und der mit ihm verbundenen Hülse b.

Das der Bettung c zu liegende Traggerüst der beiden Schrägwalzen (welches in der Abbildung nicht wiedergegeben ist) hat einen konzentrisch zum Dorn liegenden ringförmigen Einsatz h, dessen konische Bohrung das in gleicher Form gebildete Vorderende der Hülse b, bei deren gleichzeitig mit dem Kopfstück c unter Einwirkung der vorgetriebenen Druckstange k veranlaßten Vorschub, aufnimmt. Durch diesen Vorschub ist das Vorderende des in der Hülse b eingelagerten Werkstückes zur Anlagerung gegen die beiden Arbeitswalzen gebracht. Seine weitere Vorbewegung erhält es durch den Vortrieb des Plungers k, unter Vermittlung der Stange d.

Sechster Abschnitt.

Pressverfahren.

A. Ehrhardtverfahren.

Neben dem Mannesmannverfahren zur Erzeugung nahtloser Stahlrohre ist wohl keines zu so großer Bedeutung gelangt als die Ehrhardtsche Preßmethode. Obwohl die Grundidee seiner Erfindung nicht von so imponierender Neuigkeit ist als die seines mächtigsten deutschen Röhrenkonkurrenten, Mannesmann, und genau genommen mehr die Verbesserung einer schon bekannten Arbeitsart als die Schöpfung eines neuen Arbeitsprinzipes verkörpert, dürfte zurzeit doch das Ehrhardt'sche Verfahren dem erstern an

praktischer Bedeutung nicht nachstehen, im Gegenteil es vielleicht übertreffen.

Wo immer nahtlose Stahlrohre als Handels- und Fabrikationsartikel eine Rolle spielen, zählt es mit zu den besten Erzeugnissen, und gibt es kaum ein auch nur halbwegs bedeutendes Industrieland, wo nicht das „Ehrhardtrohr" angewendet und hergestellt wird.

Der Erfinder des Verfahrens, der rheinische Großindustrielle und Geheime Baurat Heinrich Ehrhardt zu Düsseldorf, ein Mann von selten hoher technischer Begabung und Vielseitigkeit, dessen erfolgreiche Arbeiten und Neuerungen auf den diversesten Gebieten des Maschinenbaues reichste Anerkennung und Anwendung gefunden haben, soll uns hier nur als Förderer und Bahnbrecher der Röhrenfabrikation beschäftigen, und es kann daher leider an dieser Stelle kein Bild von der universellen Genialität und unverwüstlichen Schaffensausdauer des nunmehr bereits mehr als sechzigjährigen Selfmademans entworfen werden. Aber nichtsdestoweniger glaubt der Verfasser darauf hinweisen zu müssen, daß es derselbe Erfinder ist, dessen, dem Namen nach allbekannte Rohrrücklaufgeschützkonstruktion im Anfange dieses Jahrhunderts weit über Europas Grenzen hinaus die Heeresverwaltungen und Parlamente auf das angelegenste beschäftigte und heute in fast allen großen Armeen Einführung oder ernsteste Berücksichtigung gefunden hat.

Auch das hier zu behandelnde Preßverfahren steht im innigsten Zusammenhange mit artillerietechnischen Bestrebungen, denn ursprünglich war es hauptsächlich für die Erzeugung von Panzer- und Brisanzgranaten, Schrapnells und Kartuschen gedacht, welchen es auch heute noch als wesentlichste Fabrikationsbasis dient.

Zwar waren schon vor Anwendung dieses Verfahrens, das in Deutschland im Jahre 1891 patentiert

wurde (D. R. P. 67430 und 67921), wie in einem besondern Kapitel dieses Werkchens ausgeführt ist, zylindrische Hohlkörper aus massiven Stahlblöcken durch Einpressen eines Dornes mittels hydraulischen Druckes hergestellt und zahlreiche Erfindungsgedanken auf diesem Gebiete der Oeffentlichkeit bekanntgegeben worden, doch erwiesen sich die meisten dieser Durchlochungsmethoden entweder so unzuverlässig und durch häufige Betriebsstörungen belastet, daß der Praxis damit wenig gedient war, oder sie bedingten einen enorm hohen Kraftaufwand, der die Rentabilität beinahe illusorisch machte.

Zum größten Teil liefen alle diese Verfahren darauf hinaus, daß ein runder Massivblock in eine Matrize mit zylindrischer Bohrung eingesetzt wurde, deren lichte Weite gleich dem Durchmesser des glühenden Einsatzblockes war. Beim Einpressen des zugespitzten Dornstempels, der durch einen Führungsring oder auf sonst eine ähnliche Weise zentriert war, mußte das verdrängte Material in einer der Dornbewegung entgegengesetzten Richtung, also nach oben steigend, ausweichen. Der entstehende Hohlkörper wurde also erheblich länger als das ursprüngliche Arbeitsstück. Durch diese Streckung wurde jedoch nicht nur eine vollständige Deformierung des Materialgefüges bedingt, sondern auch eine ganz erhebliche Reibungsarbeit an der Matrizenwand und dem Einpreßstempel geleistet.

Ehrhardts Streben ging dahin, diesen vollständig nutzlosen Kraftaufwand beim Pressen zu vermindern, und er setzte zu diesem Zwecke nicht einen runden Block in die zylindrische Matrizenhöhlung ein, sondern einen solchen von geringerm, meist quadratischen Querschnitt. Das beim Eindringen des Preßstempels verdrängte Material erhielt Gelegenheit, seitlich auszuweichen, brauchte nicht mehr in die Höhe steigen und veranlaßte auch keine Streckung des Einsatz-

stückes. Der Hohlblock fiel mithin nicht länger aus, als das massive Werkstück gewesen war.

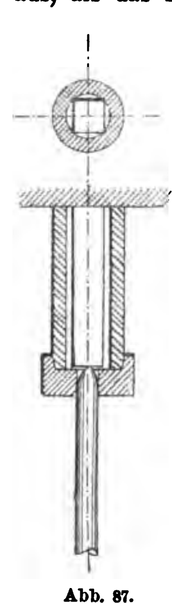
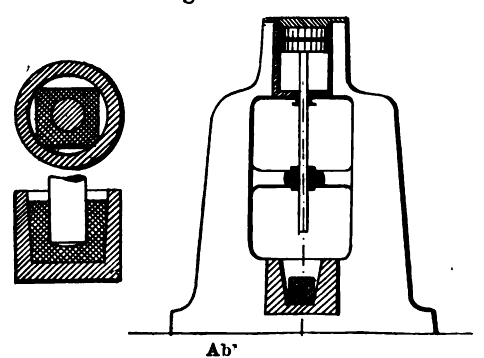


Abb. 87.

Da der Dorn nicht ganz durch den Block durchgepreßt wird, vielmehr, bei mittels Riemen angetriebenen Schnellochpressen, sein Hub auf eine geringere Höhe eingestellt ist, bleibt der Boden des Blockes geschlossen und gibt einen widerstandsfähigen Anfaßteil für die spätere Weiterverarbeitung. In den Abb. 87 ist der Entstehungs- oder Lochungsprozeß eines Stahlhohlkörpers nach dem Verfahren von Ehrhardt deutlich zu erkennen.

Das auf einer gewöhnlichen Grobstrecke zu vierkantigen Knüppeln ausgewalzte Material wird in kurze 250—350 mm lange Stücke zerschnitten und glühend in die Matrize eingebracht. Eine höhere Temperatur als helle Rotglut ist dabei nicht nötig



Ab'

und sogar zu vermeiden, da das Werkstück, obwohl es sich dann etwas leichter locht, gern am Stempel kleben bleibt und diesen zu sehr erwärmt und angreift. Bei richtig gewählter Glühtemperatur des Blockes und genügend schnell arbeitender Presse darf der Dorn beim Herausziehen nicht wärmer als 40—70⁰ sein, so daß man ihn noch anfassen kann, ohne sich zu verbrennen.

Nachdem der viereckige, an seinen Kanten ein wenig abgerundete Block in der Matrize eingebracht ist, wird dieselbe mit einem Deckel verschlossen, der eine zentrische Bohrung hat, welche genau dem Durchmesser des Preßdornstempels entspricht, so daß dieser eine zuverlässige zentrische Führung hat. Letztrer ist so zu wählen, daß das von ihm verdrängte Material den segmentförmigen Raum zwischen der Matrize und den vier flachen Seitenwänden des Blockes ausfüllt, dabei aber doch noch eine gewisse Stauchung des Blockes stattfinden kann. Bei einer gegebenen Matrize vom lichten Durchmesser D würde sich somit der Durchmesser d des Dornes nach der Gleichung

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{D^2 \pi}{4} - s^2 \text{ bestimmen}$$

und da

$$2 s^2 = D^2$$

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{D^2 \pi}{4} - \frac{D^2}{2}$$

$$\text{oder } d = 0{,}6028\, D \text{ sein.}$$

Soll aus irgend einem Grunde (der allerdings sehr selten eintreten dürfte) das untre Ende des zu einem Hohlkörper umgeformten Blockes nicht massiv bleiben, sondern die zylindrische Höhlung durchgehen, so verfährt man in der Weise, daß man den mit einem zugespitzten Dornstempel gelochten Block unter eine zweite Presse bringt, wo er nicht

mehr von einer Matrize umgeben sein braucht und ihn hier mittels eines zweiten stumpfen Dornes nachlocht, wie dies in Abb. 88 zur Darstellung gebracht ist. Handelt es sich darum, besonders lange Hohlkörper herzustellen, so kann man in den Massivblock auch von beiden Seiten gleichzeitig einen zugespitzten Dorn eintreiben, wie dies in Abb. 89 angedeutet ist.

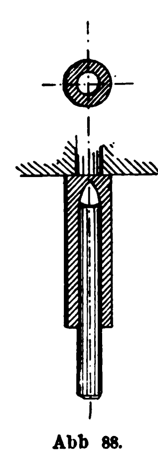


Abb 88.

In gleicher Weise lassen sich auch Blöcke von unregelmäßigem Querschnitt lochen und in bestimmte Form bringen. Bedingung ist nur, daß das Werkstück von der Matritze zentriert und ein entsprechender Spielraum für das vom Dorn verdrängte Material vorhanden ist.

In der Abb. 90 ist beispielsweise der Dorn von ovalem Querschnitt angenommen und das Werkstück von länglich rechteckigem Querschnitt. Die Matrize besteht dabei aus einem Gürtelteil, welcher oben durch einen Deckel mit Dornführungsloch, unten durch eine angekeilte Platte abgeschlossen ist. Soll das

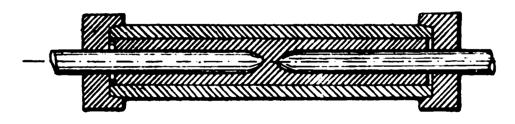


Abb. 89.

zu einem ovalen Ringprisma gelochte Werkstück in einen zylindrischen Hohlkörper weitergeformt werden, so hat man nur nötig, einen neuen Dorn von entsprechend großem Durchmesser einzutreiben. In einer weitern Abbildung ist der Fall ins Auge gefaßt,

daß ein massiver Block von dreiekigem Querschnitt in einen Hohlzylinder umgewandelt werden soll, wobei, lediglich des Beispiels halber, der Dorn zur doppelt sichern Führung an den Bär eines mechanischen Krafthammers, an den bewegten Teil einer hydraulischen Presse angebracht wurde. Auch ist der Fall möglich, daß der Dorn mit dem Gestell der Presse

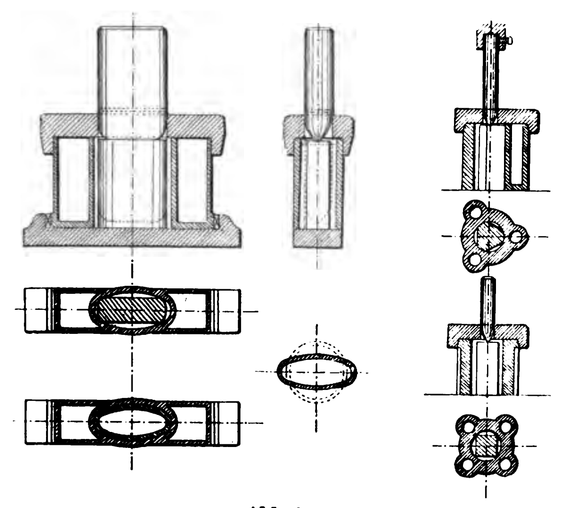


Abb. 90.

fest verbunden ist und die Matrize mit dem Werkstück an dem Gestell der Presse geführt wird, oder daß beide Teile, Dorn sowohl wie Matrize, an dem Gestell der Presse Führung und Bewegung in der Dornrichtung erhalten. Um in den in der Abb. 90 gedachten Fällen eine Ausbauchung der freiliegenden Werkstücksflächen zu befördern, kann die Matrize an den Stellen, an welchen die Führungskanten des Werkstückes dieselbe berühren, mit einer Wasser-

kühlung versehen sein. Eine Verbesserung des vorigen Arbeitsverfahrens, bei dem häufig infolge des Eintreibens des Stempeldornes, ein Zusammenstauchen des Werkstückes eintrat, ist in der Abb. 91 illustriert.

Das Werkstück ist, wie zumeist beim Ehrhardt-

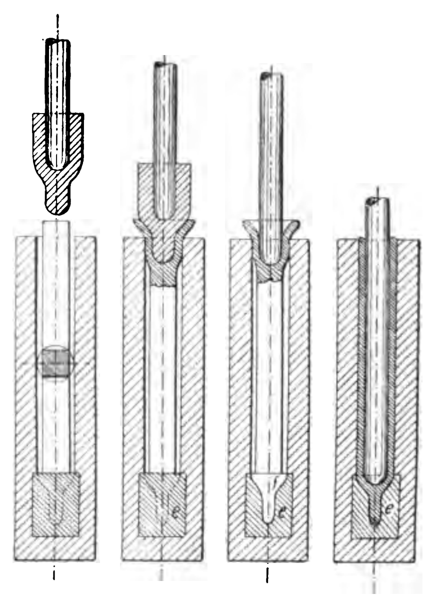


Abb. 91.

prozeß, ein quadratischer Knüppel und wird in die zylindrisch ausgehöhlte Matrize eingesetzt. Statt aber sofort den Lochstempel auf dasselbe einwirken zu lassen, wird zuerst ein über das vordre Ende des Lochstempels geschobener Fingerhut, der sogenannte Vorpreßstempel, in das erhitzte, den Matrizenrand ein wenig überragende Werkstück eingedrückt

und so eine Kelchhöhlung mit kragenartig erweitertem Rand in demselben erzeugt.

Der Vorpreßstempel wird alsdann schnell entfernt und die weitere Lochung des Blockes mit dem gewöhnlich dimensionierten Dorn vorgenommen. Der vorher angepreßte Kragenrand verhindert dabei das Zusammenstauchen des Werkstückes, indem er am obern Teile der Matrize Widerstand findet und sich beim Fertigpressen allmählich mit in die Matrize hineinzieht. Im untern Teile derselben befindet sich ein Schieberklotz *e*, welcher dem Werkstücke während der Vorpreßperiode als Unterlage dient und nachher soweit verschoben wird, daß die in demselben eingedrehte Höhlung *f* unter das Loch der Matrize und den Boden des Arbeitsstückes zu stehen kommt. Die Ausdrehung *f* dient beim Fertigpressen zur Bildung eines für die Weiterverarbeitung des Rohrstückes erforderlichen Anfaßzapfens. Die Reibung an den Matrizenwänden läßt sich gewünschten Falles noch dadurch erhöhen, daß man dieselben aufrauht oder mit Feilenhieb bzw. Riefen versieht; jedoch muß dann die Matrize aus zwei Schalenhälften bestehen, die durch Schrauben oder Bänder während des Arbeitsprozesses fest zusammengehalten werden und nachher, zwecks Entfernung des fertigen Hohlzylinders, leicht gelüftet werden können. Außer für die Verhinderung einer Stauchung des Werkstückes, ist der vor der eigentlichen Lochung dem Blocke gegebene Kragen aber auch für eine eventuell beabsichtigte Längung des entstehenden Rohrstückes von Bedeutung.

Eine zur Ausführung des Ehrhardtschen Preßverfahrens konstruierte Maschine ist in den Abb. 92 dargestellt. Der Stempel *g* vom Querschnitte des zu bearbeitenden Werkstückes ist mit dem Kolben einer hydraulischen Presse fest verbunden. Das Arbeitsstück, welches in eine Matrize, von gleichem Querschnitt, gebracht ist, wird vermittels des Stempels *g*,

auf welchen der Kolben der hydraulischen Presse wirkt, der Matrize zugeführt, in welche der Lochdorn hineinragt. Dieser wird durch ein Walzenpaar geführt, ehe er die Matrize erreicht. Wird also das Arbeitsstück, nachdem das Lochen in der Matrize begonnen

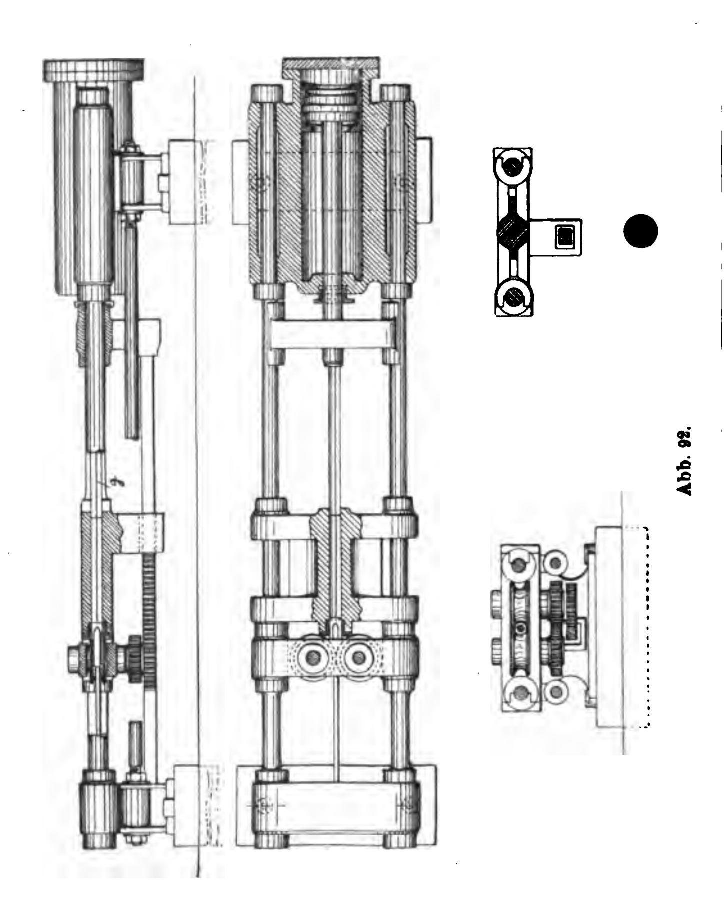


Abb. 92.

hat, durch den Stempel *g* weitergedrückt, so wird es über den Lochdorn dem vorgenannten Walzenpaar zugeführt und dieses letztre übt, infolge der Geschwindigkeitsdifferenz zwischen dem Walzenpaar und dem Stempel *g*, einen Zug auf das Arbeitsstück aus.

Der Antrieb der Walzen und die Regulierung ihrer Geschwindigkeit erfolgt durch Stirnräder, welche ihrerseits wieder durch Zahnstangen von dem Kolben des hydraulischen Zylinders angetrieben werden können. Man ersieht also aus dem Gange der Arbeit, daß gleichzeitig durch Ausüben von Druck und Zug ein Lochen, Auswalzen und Ziehen des Werkstückes stattfindet.

Eine andre Maschine zur Herstellung von Hohlkörpern nach System Ehrhardt ist in der Abb. 93 veranschaulicht. Darin ist *c* der Preßzylinder und *s* die Kolbenstange desselben, an welcher der Preßdorn *d* befestigt ist. Die Ankerstangen sind an einem Ende mit dem Preßzylinder *c*, an dem andern Ende mit einem Widerlager *w* fest verbunden. An den Ankerstangen ist die Matrize *m* verschiebbar angeordnet. Letztre hat eine runde Bohrung, während das Werkstück *w* quadratischen Querschnitt aufweist.

Mit der Kolbenstange *s* ist eine Traverse, mit den daran befestigten Stangen *a*, vermittels des Keiles *k* fest verbunden. Das Querstück *f* dient den Stangen *a* und dem Preßdorn *d* als Führung und besorgt beim Rückgang des Kolbens das Abstreichen des Preßstückes vom Dorn. Beim Eindringen des Dornes in das Werkstück wird die Matrize *m* durch die Stangen *a* zurückgedrückt bzw. vom Werkstück *w* abgestreift, so daß sich nach beendetem Preßvorgang das gelochte Werkstück außerhalb der Matrize befindet.

In Abb. 94 und 95 ist die Presse mit einer Vormatrize *M* versehen, welche sich beim Pressen

gegen die Bunde *bb* legt. Diese Matrize dient zum Anpressen eines Kragens an das Werkstück, vermittels des Hutes *z*, welch letztrer wie bereits früher besprochen, vor dem Eindrücken des Fertigpreßdorns *d* in den Arbeitsblock entfernt wird. In dem Augenblick, wo die Matrizenerweitruug von dem verdrängten Material ausgefüllt ist, stoßen die Stangen *a* gegen die Matrize und drücken dieselbe zurück, bis der Preßvorgang vollendet ist. Der Kragen wird nötigenfalls vorher mit Wasser abgekühlt, damit er einem Zusammenstauchen des Werkstückes genügenden Widerstand leistet. In Abb. 95 ist das letztre in enem Stadium gezeichnet, in welchem das Zurückschieben der Matrze durch die Stangen *a* bereits begonnen hat.

Zur weitern Verarbeitung und Ausziehung

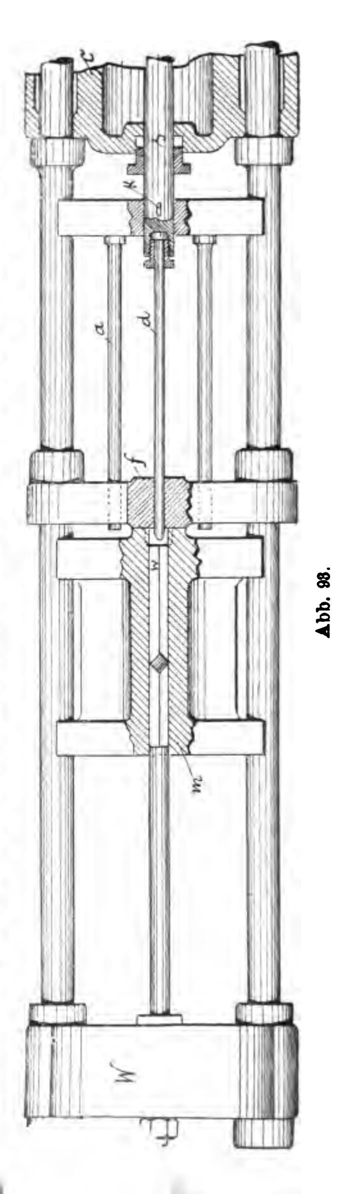


Abb. 95.

des so entstandenen Hohlzylinders in derselben Hitze auf geringere Wandstärke ist der in Abb. 96 dargestellte Apparat geeignet. Dieser Apparat kann entweder einer der vorerwähnten Pressen angegliedert

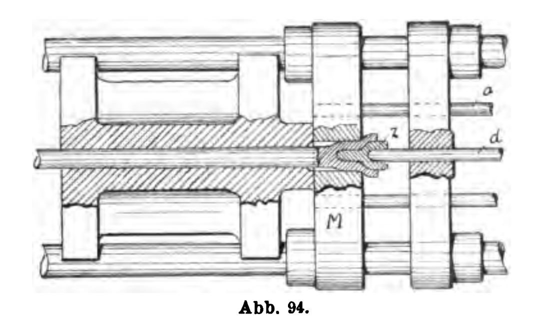


Abb. 94.

werden, oder selbst als Lochungsmaschine dienen. In letzterm Falle wird das massive Stahlstück in die Matrizenhöhlung *b* eingebracht und in der be-

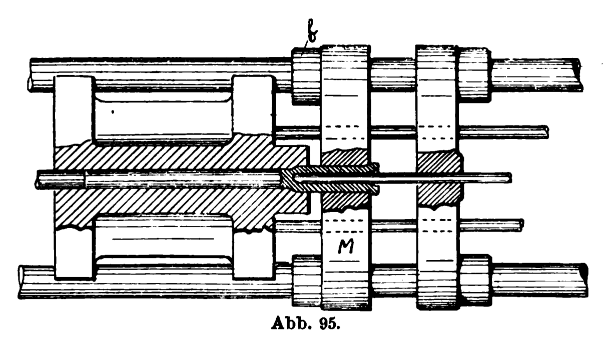


Abb. 95.

kannten Weise gelocht. Der Boden der Matrize wird durch einen Schieber *s* gebildet, welcher durch Schraubenspindel und Handrad oder ähnlicher Vorrichtungen hinter bzw. bei vertikaler Anordnung

der Maschine unter die Matrize *b* eingeführt werden kann. Ist der Preßdorn *c* bis zur gewünschten Tiefe in das Material eingedrungen, so wird der auf den Dorn einwirkende Druck vermindert, um ein Zurückziehen des Schiebers *s* zu ermöglichen. Nach Zurückziehen des letztern wird der Dorn *c* mit dem Hohlkörper weiter vor- oder abwärts bewegt und passiert mit demselben der Reihe nach die in ihrem Durchmesser immer kleiner werdenden Ziehringe *d*, d_1 und d_2 (aus härtestem Eisenmaterial), bis endlich

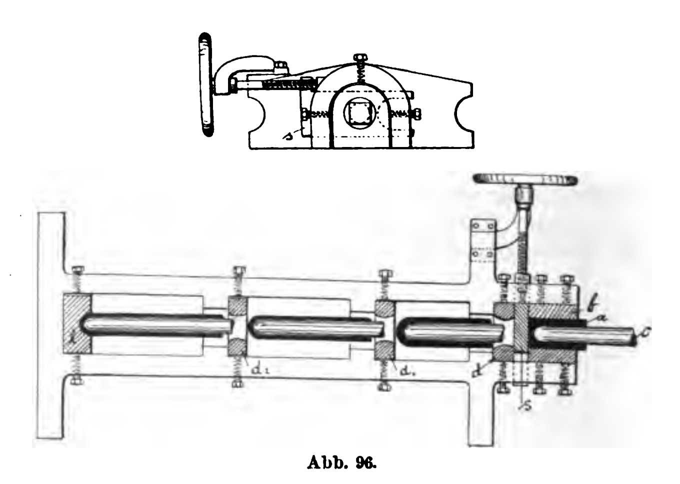


Abb. 96.

der Hohlkörper durch d_2 die verlangte Wandstärke erhalten hat. Unterhalb oder hinter dem letzten Ziehring ist ein Block *e* mit entsprechender Vertiefung angeordnet, um dem erzeugten Hohlzylinder, falls er an einem Ende geschlossen bleiben soll, darin die gewünschte Form zu geben.

Bezüglich des Preßdorns sei besonders darauf hingewiesen, daß er aus allerhärtestem, meist mit

etwas Nickel legiertem, Stahlmaterial von ca. 70 bis 80 kg Festigkeit pro qmm hergestellt und außen ganz glatt poliert und genau kreisrund sein soll. Für die Erzeugung sehr großer Hohlkörper hat Ehrhardt in neuester Zeit eine Dornform gewählt, welche am Kopfe mit einer keilartigen Spitze versehen und in Abb. 97 dargestellt ist. Dadurch ist zum Eintreiben des Stempels in das Werkstück kein so hoher Preßdruck mehr notwendig, und man kann damit auch auf einer verhältnismäßig schwachen Presse, ohne Druckvermehrung, Hohlkörper von sehr großen Abmessungen lochen, weil zuerst nur die Keilspitze in das, in die runde Matrize eingesetzte, viereckige Werkstück eindringt und dessen breitere Seiten nach der Wandung der Matrize hin preßt, bis endlich der Dorn mit seiner stumpfen Schneide auf dem Boden der Matrize aufsitzt. Dieses Werkstück, welches natürlich unten noch geschlossen ist, wird alsdann umgekehrt in die Matrize gesetzt und der kurze, der Keilschneide entsprechende Teil ebenfalls aufgeweitet. Soll jedoch der Boden erhalten bleiben, so darf der Keildorn selbstverständlich nur bis zur gewünschten Bodenstärke vordringen, worauf mit einem vollständig zylindrischen Dorn nachgepreßt wird.

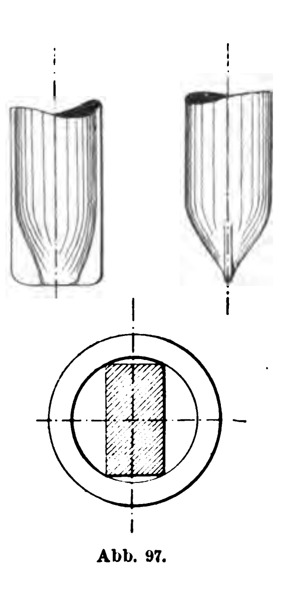


Abb. 97.

Es ist von den Vertretern andrer Lochverfahren der Ehrhardt'schen Arbeitsmethode häufig der Vorwurf gemacht worden, daß die Materialpartikelchen nicht gleichmäßig beansprucht werden, indem diejenigen Moleküle, welche sich an den Blockeckkanten befinden, also gegen die Wand der Matrizenform anlehnen, im Stillstand bleiben und nicht wandern, während diejenigen, welche der Mitte des leeren Segmentstückes gegenüber liegen einer maximalen Arbeit unterworfen sind, ganz unberücksichtigt davon, daß gleichzeitig die Moleküle der Blockseele, oder diejenigen, welche direkt vom Dorn verdrängt werden, einer Stauchung unterworfen sind, welche verderblich wirken muß und die Homogenität des Fabrikats herabsetzt. In der Tat ist dieser Einwand gegen das Verfahren nicht ohne weiteres abzuweisen, aber dadurch, daß die heutige Stahlbereitungstechnik ein Arbeits- oder Blockmaterial liefern kann, welches den höchsten Anforderungen an Zähigkeit und leichter Fließung gerecht zu werden vermag, ist der Gefahr, daß die, wie es anfangs bei Einführung des Verfahrens vorgekommen ist, nach dem Ehrhardt'schen Verfahren mit zu großem Druck und zu plötzlicher Pressung hergestellten Rohrzylinder, aufgerissen sind, so gut wie ganz behoben, sofern die Materialqualität den Beanspruchungsbedingungen des zu erzeugenden Hohlkörpers entsprach und die Durchführung des Prozesses mit der nötigen Sachkenntnis und Sorgfalt vorgenommen wird. So ist z. B., um die Hinfälligkeit jeder Besorgnis darüber, daß solche Rohre nicht durchaus betriebs- oder gebrauchssicher wären, darzutun, in Abb. 98 ein nach dem Ehrhardt'schen Preßverfahren hergestelltes Haubitzenrohrstück illustriert, in dessen Seele eine mit 1500 g Pikrinsäure und mit Zündladung gefüllte Brisanzgranate detonierte. Der äußere Durchmesser dieses Rohres betrug vor der Sprengung 245 mm bei 105 mm Kaliber. Nach

der Sprengung, durch welche nur die geringe Ausbauchung in der Längsmitte, aber nirgends ein Riß bemerkbar war, wies der äußere Durchmesser 268 mm.

Was der Ehrhardtschen Arbeitsmethode aber ganz besonders zugute kommt und seine ungemein schnelle Verbreitung in allen Industrieländern erklärlich macht, ist die ungewöhnlich große Wandlungs- und Anpassungsfähigkeit für die verschiedenartigsten Fabrikationszweige, von der die folgende Liste einen ungefähren Begriff geben möge:

A) Artikel für den Friedensbedarf.

1. Maschinenbau im allgemeinen.
Gepreßte Lagerstühle für Wand- und Säulenlager, Sellerslagergehäuse und Lagerschalen, gepreßte Spurlager und Büchsen, gepreßte hohle Zapfen, Achsen und Wellen, hohle Scheiben und Kugeln, gepreßte Naben für Zahnräder und Riemenscheiben, Exzenterscheiben, Kreuzköpfe und Kurbeln, Haken, Schraubenschlösser, Spannmuttern, Verbindungsteile für Zug- und Druckorgane bei Eisenkonstruktionen.

2. Kessel- und Dampfmaschinenbau.
Gepreßte Ablaßhähne und Stutzen für Sicherheitsventile. Drosselklappen, gepreßte Kolben, Schiebergehäuse und Regulatorständer. Zylinder und Zylinderdeckel, Geradführungen und Querhäupter. Hohle Pleuelstangen und Balanciers. Kesselschüsse und Lokomotivmäntel.

3. Spezialmaschinenbau.
Hohle Ständer für Bohr- und Fräsmaschinen, Hohlspindeln, Rollengehäuse für Drehbänke, Gehäuse für Zahnstangen- und Schraubenwinden, Pistons und Stützen für Krane, Pumpenstiefel und gepreßte Windkessel,



Abb. 98

Nach dem Ehrhardtschen Preßverfahren hergestelltes Haubitzenrohrstück.
(Man ließ in die Röhre mit 1500 kg Pikrinsäure und Zündladung gefüllte Brisanzgranate detonieren und es zeigte sich trotzdem nirgends ein Riß, lediglich die deutlich wahrnehmbare Aufbauchung konnte konstatiert werden.) Vor der Sprengung äußerer Durchmesser 245 mm, Kaliber 105 mm; nach der Sprengung äußerer Durchmesser 268 mm.

Windkästen für Hochdruckpumpen und Kompressoren, Düsen und Düsenstöcke, Zylinder und Kolben für Schmiede und hydraulische Pressen.

4. Eisenbahnwesen.
Gepreßte Schwellen, hohle Wagenachsen und Wechselchairs. Herzstücke und Kreuzzungen, Drehscheibenzapfen, Kesselanker, Dome, Geradführungen, Buffergehäuse und Achsbuchsen, Heizkästen.

5. Bauwesen.
Streben für Dachgesperre, gepreßte Konsolen, Säulen, Leitungsrohre aller Art, Werkzeuge und Rohre für Tiefbohrung. Richtlatten, Pikettpfähle.

B) Kriegsmaterialien.

6. Artillerie- und Marinematerialien.
Geschützrohre und Seelen, gepreßte Lafetten, Räder, Schrapnels, Granaten und alle Hohlgeschosse, Masten für Schiffe, Ausladebäume, Luftreservoire für Lanciertorpedos, Behälter für gespannte Gase, Lanzen.

Obwohl damit noch keineswegs eine erschöpfende Zusammenstellung derjenigen Artikel gegeben ist, welche sich mit Hilfe der Ehrhardtschen Betriebseinrichtungen und mittels Preßverfahren herstellen lassen, und noch manches andere nützliche oder notwendige Erzeugnis des Friedens- und Kriegsbedarfs damit geschaffen werden kann, sei des engbegrenzten Raumes und Zweckes dieses Buches wegen doch von einer weitern Ausdehnung dieses Punktes abgesehen und nur das Naheliegendste in den Kreis der Besprechung hereingezogen.

Zwar ist in den andern Kapiteln stets immer nur die nackte Rohrfabrikation verfolgt und jede Abschweifung in Ergänzungs- oder Erweiterungs-



Abb. 99.
Anwendung des Ehrhardtschen Preßverfahrens zur Herstellung von Artilleriegeschossen, Hauptfabrikationsstadien

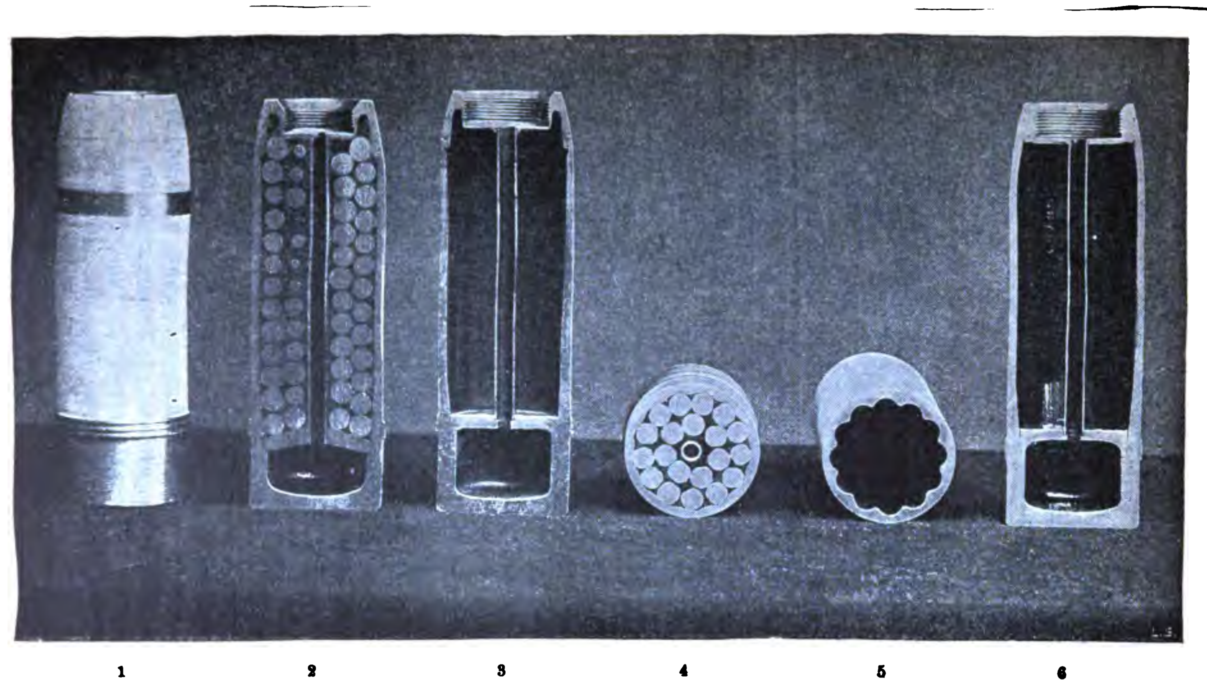


Abb. 100. 7,5 cm Shrapnel-Feldgeschosse, hergestellt nach System Ehrhardt.

fabrikationen vermieden worden, aber beim vorliegenden Verfahren glaubt der Verfasser doch, eine Abschwenkung in ein der Rohrfabrikation eng benachbartes Gebiet vornehmen zu müssen, weil ein Teil der Ehrhardt'schen Hohlkörpererzeugnisse Objekte betrifft, die heute einen wesentlichen Faktor der Schlag- und Wehrkraft der verschiedenen Nationen abgeben und in gleicher Güte oder Billigkeit kaum nach einer andern Methode herzustellen sind. Die Bedeutung derselben wird wohl am besten dadurch dokumentiert, daß nach dem Ehrhardtschen Preßverfahren jährlich ca. 200 Millionen Geschoßkörper angefertigt werden und, außer in Deutschland, die staatlichen und größten derartigen Privatfabriken in Oesterreich, Italien, Rußland, Frankreich, England, Belgien, Schweiz, Portugal, Norwegen, Schweden, Argentinien, Japan, Vereinigte Staaten von Amerika und Chile darnach arbeiten.

So hat z. B. das 1803 von dem englischen Oberst Shrapnel erfundene Artilleriegeschoß erst durch die Ehrhardt'sche Mantelfabrikation in der Kriegstechnik die gebührende Stellung erhalten können, und mit Recht nennt der ehemalige Generalmajor und frühere Inspektor der Artillerie-Institute Bahn das Ehrhardt'sche Verfahren den bedeutendsten Schritt in der Entwicklung dieses wirksamen Kampfmittels. Abb. 99 zeigt die Herstellungsweise bzw. Hauptfabrikationsstadien eines derartigen Geschosses aus Stahlwürfeln von 100 kg Festigkeit und mehr, welche in Rotgluthitze auf starken Pressen in einer einzigen Wärme bis auf 2 mm Wandstärke fertig gezogen werden und dabei in ihrer innern Höhlung so spiegelblank ausfallen, daß keinerlei Nacharbeit notwendig wird. Andre auf ganz analoge Weise erzeugte Hohlgeschosse, wie Brisanzgranaten, Panzergranaten, Halbpanzergranaten und Minengranaten, sind in den Abb. 100, 101 und 102 dargestellt.

Auch Patronenhülsen aus Stahl oder Messinglegierung werden in ungeheuren Quantitäten nach dem Verfahren hergestellt. Während bei der alten Erzeugungsmethode eine Metallplatte durch mehrere



Abb. 101.

aufeinanderfolgende Operationen in die gewünschte Form ausgestreckt wird, ermöglicht, wie dies aus Abb. 103 u. 104 erkennbar ist, die Ehrhardtsche Arbeitsweise die Herbeiführung einer bereits sehr

ausgeprägten Kartuschenform in einem einzigen Preßdruck. Gleichzeitig gestattet dieselbe eine viel größere Verdichtung des Metalles in allen Teilen und ganz besonders am Boden, wo die Beanspruchung am größten ist.

Ehrhardt begnügte sich indes nicht mit diesen Erfolgen, sondern es gelang ihm durch sein Preß-





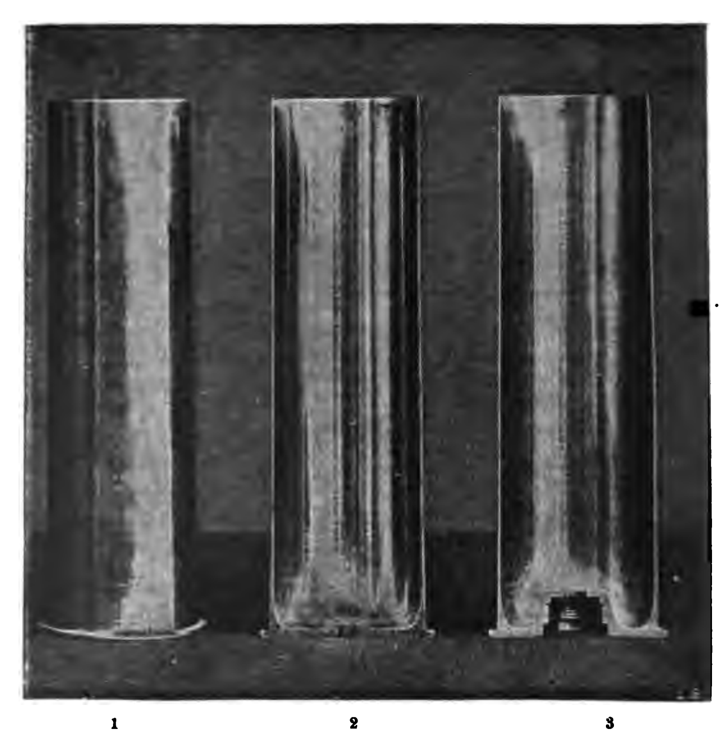

Abb. 102.

verfahren auch kriegsbrauchbare Geschützrohre von solcher Güte herzustellen, daß ihm die deutsche und viele ausländischen Heeresverwaltungen, schon seit über 10 Jahren, mit großen Aufträgen nähertraten. Neben einer Verkürzung der sonst erforderlichen Arbeitszeit bietet das Ehrhardt'sche Preßverfahren für diesen Zweck noch den speziellen Vorteil, daß die der Seelenwandung zunächst liegenden Materialteile einer starken Kompressi[illegible] d des Her-



Abb. 103.
Anwendung des Ehrhardtschen Preßverfahrens zur Herstellung von Geschützpatronenhülsen, Hauptfabrikationsstadien.

stellungsprozesses unterworfen sind und damit eine Erhöhung des Widerstandes gegen Gasdruck sowie gegen Ausbrennen und Abschleifen beim Schießen gewährleistet wird. Es werden nicht nur Mantel-



1 2 3

Abb. 104.

7,5 cm Geschützpatronenhülsen System Ehrhardt.
1 und 2: für Zündhütchen, 3 für Zündschrauben.

geschütze, sondern auch solche mit Massivrohren hergestellt, was für moderne, mit großen Geschwindigkeiten arbeitende, Geschütze bisher auf keinem

andern Wege genügend gut gelungen war. Die Ausführung eines Kanonenrohres bewegt sich im großen Ganzen genau so, wie es bei der Charakterisierung und Beschreibung des Lochungsverfahrens dargelegt wurde, d. h. der vierkantige geschmiedete, oder unter starken hydraulischen Pressen verdichtete, Rohblock gelangt glühend und von Kränen befördert in eine Matrize, deren Innenraum im wesentlichen die Form des zukünftigen Kanonenrohres hat. Der Preßdorn drückt sich durch denselben, was etwa $^1/_4$ Minute dauert, wird alsdann schnell zurückgezogen und der Hohlblock hierauf zur genauern Kaliberformung auf Bohrmaschinen transportiert. Da die innere Seelenoberfläche durch das Pressen in Verbindung mit der Beschaffenheit des vorzüglichsten Materials (ein Spezialstahl) eine außerordentliche Härte annimmt, ist die Bohrarbeit nur mit äußerster Sorgfalt und mit ganz besonders gestalteten Werkzeugen möglich, wobei ein Strom von Kühl- und Schmiermitteln durchgepreßt wird. Derartig erzeugte Massivrohre, wie sie besonders für Feldkanonen und ähnliche Geschütze verwendet werden, haben bei Versuchen 1500 und mehr Schuß ausgehalten, ohne nach Beendigung des Schießens im Laderaum Abmessungen ergeben zu haben, die außerhalb der gestatteten Toleranzen gewachsen wären.

Für größere Kalibergeschütze setzt man die Rohre besser aus einem Mantel und Seelenrohr zusammen, wobei dann die Auffindung des richtigen Schrumpfmaßes für die Vereinigung der beiden Teile sehr wichtig ist. Zu diesem Zwecke wird der innere Durchmesser des Mantels ein wenig kleiner gearbeitet, als der äußere Durchmesser des Seelenrohres und das Mantelrohr in einem Gasofen gleichmäßig auf eine bestimmte Temperatur erwärmt. Hierdurch erweitert sich der innere Durchmesser soweit, daß der Mantel über das Seelenrohr gezogen werden kann. Nachdem

beide Teile miteinander vereinigt sind, wird der Mantel abgekühlt und sein innerer Durchmesser dadurch wieder auf das frühere Maß zurückgebracht. Beim Schusse wird durch den Druck der explodierenden Pulvergase der Ladungsraum erweitert und der Druck pflanzt sich durch die verschiedenen Schichten des Metalls bis auf die Oberfläche des Seelenrohres fort; bevor er sich aber auf das Mantelrohr übertragen kann, muß er zunächst die Schrumpfung zwischen Seelen- und Mantelrohr aufheben. Die hierzu erforderliche Kraft kann von der Gesamtanstrengung, welche das Seelenrohr auszuhalten hat, abgezogen werden, so daß also das Mantelrohr, lediglich infolge des Aufschrumpfens, weniger Anstrengung auszuhalten hat, als wenn es nicht aufgeschrumpft, sondern aufgezogen wäre. Durch diese sogenannte künstliche Metallkonstruktion wird also erreicht, daß entweder der Gasdruck im Ladungsraum erhöht oder bei gleichem Gasdrucke die Rohrwandungen erheblich vermindert werden können, so daß das Rohr bedeutend leichter ausfällt.

Außer für Kanonenrohre eignet sich das Ehrhardtsche Preßverfahren unter Verwendung besondern Spezialstahles vorzüglich zur Fabrikation von Jagd- und Militärgewehrläufen, wobei die Rohre nach dem Lochprozeß des Blockes, mehrere Züge erhalten, ein Konischwalzwerk passieren und auf genaues Kaliber ausgeschliffen werden. Im Konischwalzwerk wird den zylindrischen Läufen nicht nur eine sich verjüngende Form gegeben, sondern das Mantelmaterial wird dabei auch nach seiner Längsachse spiralförmig gelagert. Dies gibt den Rohren eine außerordentlich hohe Elastizität, so daß, wie Gewaltversuche ergeben haben, eine Sprengung solcher Radialstahlläufe, selbst unter den praktisch höchsten Beanspruchungen, so gut wie ausgeschlossen ist. Die Rather Abteilung der Ehrhardt'schen Werke erzeugen monatlich etwa

7—8000 Stück dieser, die gewundenen Damastrohre an Festigkeit noch übertreffenden, Gewehr- und Flintenläufe.

Ebenso wie das Mannesmannverfahren eignet sich auch das Ehrhardtsche Preßverfahren vorzüglich zur Erzeugung von Kohlensäureflaschen und -Behälter für hochgespannte oder verflüssigte Gase, wie ein solcher in Abb. 105 dargestellt ist. Auch hierbei wird aus einem vierkantigen Block ein dünnwandiger unten aber geschlossen bleibender Topfzylinder (siehe Abb. 96) hergestellt, dessen oben offener Kopf dann auf besondern Einziehpressen oder unter Gesenkhämmern verengt und verdickt wird. Derartige Stahlflaschen halten, wie zahlreiche Versuche bewiesen haben, einem Druck von 300 Atmosphären mit Sicherheit stand, obwohl ihre amtliche Maximal-

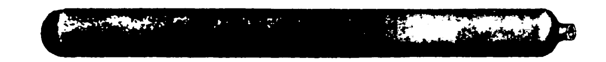


Abb. 105.

beanspruchung gewöhnlich nur bis 200 oder 250 Atmosphären reicht.

Einige andre Erzeugungsprodukte wie Lafetten und Fahrzeugachsen für Automobile und Eisenbahnwaggons sind in Abb. 106 illustriert.

Kehren wir nunmehr, nach dieser kleinen Abschweifung, zu unserm engern Thema zurück, so erübrigt es sich noch einige Angaben über die Kosten und Einrichtungsmittel des Ehrhardtschen Preßverfahrens, zum Lochen von Massivblöcken, zu machen.

Der Verfasser hatte Gelegenheit, das Verfahren verschiedentlich in der Praxis zu studieren und fand, daß sowohl Martin- wie Bessemerstahl von 35 bis



Abb. 106 a. Wiege zu einer Schnellfeuer-Feldkanone System Ehrhardt. Nach dem Ehrhardtschen Preßverfahren aus einem Stück nahtlos gepreßt.

90 kg Festigkeit und 15 bis 30 $^0/_0$ Dehnung sich gut verarbeiten ließen. Der Kraftverbrauch ist im Verhältnis zu andern Preßverfahren ein sehr geringer und lassen sich beispielsweise mit einer 200 Tons-Presse, ohne Ueberlastung derselben, Rohre bis zu 275 mm lichte Weite herstellen. Zum Lochen kleinerer Blöcke bis zu 50 oder 60 mm lichten Durchmesser, oder 320 mm lang und 80 mm im Quadrat, also ca. 16 bis 17 kg, wählt man vorteilhaft Schwungradpressen, deren, etwa 75 Touren, also rasch laufendes, momentan einrückbares, Schwungrad stets soviel Arbeit aufspeichert, als zum schnellen Durchstoßen des Preßdorns notwendig ist. Mit hydraulischen Pressen ist ein so rasches Arbeiten nicht immer möglich, da sonst in den Druckleitungen Stöße auftreten würden. Anderseits ist es aber erforderlich, auch hier eine gewisse Lochgeschwindigkeit zu erreichen, um ein Heißwerden der Stempel, die sich dann nur sehr schwer aus dem Werkstück herausbekommen lassen, zu vermeiden, und ihren Verbrauch bzw. schnellen Verschleiß, zu beschränken. Einen etwas wunden Punkt des Verfahrens bildete

lange der Ausfall einseitiger Wandstärken, heute aber haben die meisten Werke auch diese Schwierigkeit so gut wie ganz überwunden, und erfreuen sich die Ehrhardt-Rohre vielfach eines noch bessern

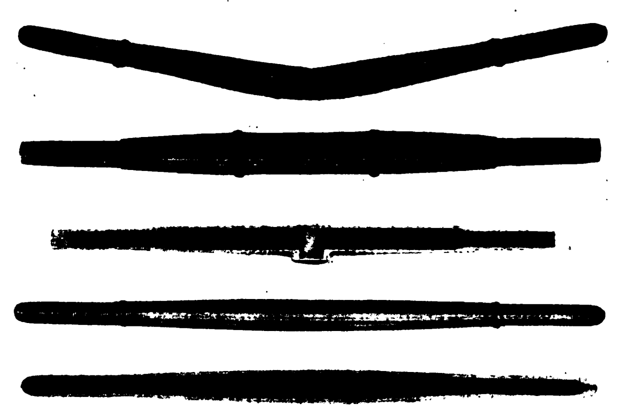


Abb. 106 b.
Fahrzeug und Lafettenachsen.

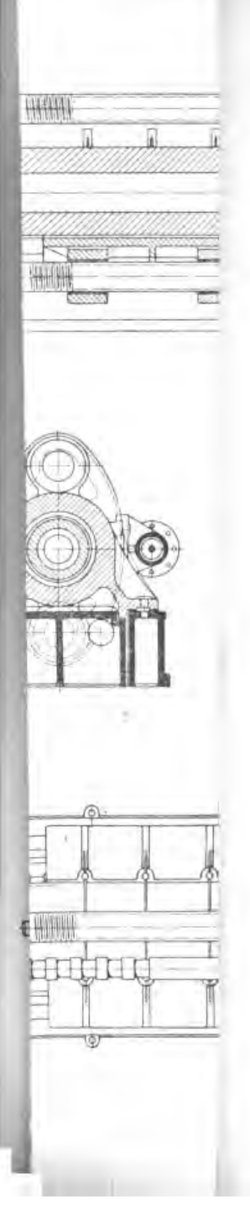
Rufes als die nach dem Mannesmann-Verfahren hergestellten; unter anderm wohl auch deshalb, weil



Abb. 106 c.
Unterlafettenrohr mit aufgeschrumpfter Muffe.

sie weniger spröde sind und jede Anarbeitung, Einziehen oder Aufweiten der Enden, Börtelung u leicht und gut ausführbar machen. Eine hydrauli Rohrpresse zur Ausübung des Ehrhardtschen R fabrikationsverfahren ist auf Tafel II dargest Das Hauptwerk Ehrhardts, die bereits mehrfach wähnte Rheinische Metallwaren- und Maschinenfa in Derendorf-Düsseldorf, erzeugte im letzten J annähernd 2 000 000 m nahtlose Siederohre Lokomotiv- und Schiffskesselzwecke. Seine tägl Produktion kann bis auf 110 000 kg nahtlose R gesteigert werden, und zu gewissen Zeiten rei selbst diese nicht aus, den angefragten Bedarf decken. Durchschnittlich lassen sich mit ei Garnitur Maschinen pro Tag 900 Stück Kesselro von ca. 40 bis 50 mm Durchmesser und $4^1/_4$ Länge erzeugen.

In Oesterreich liegt die Ausführung des V fahrens in den Händen der Witkowitzer Bergb und Eisenhütten-Gewerkschaft, während in Frankrei die Société Métallurgique de Montbard (Côte-d'O und in England The Universal Tube Company Ltd. at Chesterfield die Fabrikation nach dem Ehrhardt-Verfahren betreibt. Letztres Werk verarbeitet meist aus Schweden kommende Rohblöcke von 10 bis 11 Fuß Länge und $3^1/_2$ bis 8″ Dicke, die mittels Kalt- oder Warmsäge in Einzelstücke vom ungefähren Rohrgewicht zerschnitten werden. Ein geringes Mehrgewicht muß wegen der Endabschnitte und der anzuschmiedenden oder anzupressenden Anfaßangel gewählt werden. Nach dem Lochen erhalten die Rohrzylinder noch verschiedene Warm- und Kaltzüge, wie dies, da es auch für andre Arbeitsverfahren zutrifft, in einem besondern Abschnitt des nähern erläutert werden wird.



Siebenter Abschnitt.

Diverse Press- und Lochverfahren.

Obgleich von allen Preßverfahren zum Lochen massiver Stahlblöcke die Ehrhardt'sche Methode die weitaus verbreitetste und vollkommenste ist, kann sie doch keineswegs als rangälteste in Anspruch genommen werden. Schon viele Jahre vor ihrer Bekanntwerdung waren andre Techniker und Ingenieure, denen die Ausbildung der Rohrfabrikation und speziell die Herstellung nahtloser Rohre ein notwendiges und günstiges Betätigungsfeld dünkte, der Idee nähergetreten, Hohlzylinder ohne Naht oder Lötfuge aus Eisen in der Weise zu erzeugen, daß ein spitzer Dorn durch ein massives Arbeitsstück durchgedrückt oder durchgeschraubt wurde.

Insonderheit hatten die Engländer bereits sehr früh für die Verwirklichung dieses Strebens mehrere Arbeitsverfahren ausgebildet, die heute zwar ziemlich in Vergessenheit geraten sind und, wegen der unzulänglichen Hilfs- und Kraftmittel, mit denen man vor fünfzig und sechzig Jahren zu rechnen hatte, niemals eine bedeutsame Rolle gespielt haben, aber unleugbar durch Anpassung an unsre modernen Werkzeuge und Maschinenkonstruktionen brauchbar geworden wären. Leider verbietet die Kürze des Werkchens es, einzelne dieser ältesten Vorkämpfer auf ihrem Gedanken- und Ideenweg zu begleiten, und es muß hier mit einem Erfinder der Reigen eröffnet werden, der fast gleichzeitig mit der verheißungsvollen Mannesmannmethode ein Verfahren zur nahtlosen Rohrfabrikation veröffentlichte, das meist, wenngleich fälschlich, als die Grundlage des so überaus vielseitig ausgebildeten Preßverfahrens, und auch als geistiger Vater der Ehrhardt'schen Erfindung bewertet wird.

Es war der damals in Glasgow (Schottland) tätige Ingenieur James Robertson, der am 17. September 1885 in Deutschland ein Patent anmeldete und erhielt, welches unter der Nr. 36 814 bekannt geworden ist. In demselben wird ein Verfahren beschrieben, bei welchem ein rotierender, vorn scharf zugespitzter und zweckmäßig mit mehreren, an den Kanten glatt abgerundeten, schräglaufenden Rinnen versehener Dorn durch einen massiven Metallblock getrieben wird. Das aus der Mitte des Blocks ver-

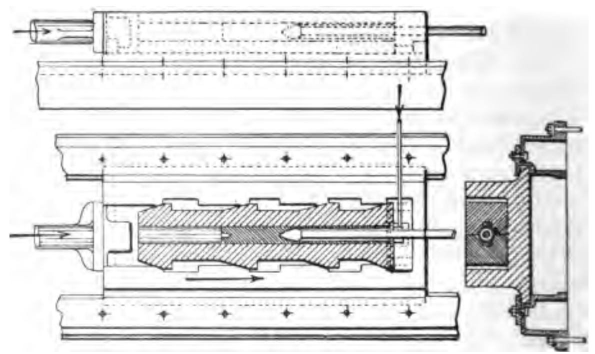


Abb. 107.

drängte Material wird dadurch in seitlicher Richtung an die Wandung einer den Block umgebenden röhrenförmigen Kluppe angedrückt und zugleich, ohne es jedoch zu zerschneiden oder in Späne zu verwandeln, längs der innern Kluppenform zu einer Röhre ausgezogen (s. Abb. 107).

Als Triebmittel zur Drehung und Verschiebung des Dorns wird am zweckmäßigsten die direkte Kolbenwirkung eines hydraulischen oder Dampfzylinders gewählt, da andre mechanische Vorrichtungen keine so leichte und sichere Regulierung des

immerhin recht erheblichen Arbeitsdruckes gestatten, und eine zu hohe Krafteinwirkung den mit ca. 800 m Umfangsgeschwindigkeit pro Minute rotierenden Dorn beschädigen sowie den Ausfall der Ausbringung beeinträchtigen könnte. Die Vorwärtsbewegung des Dorns soll nicht unter 80—100 m pro Minute betragen, da sonst der Dorn heiß wird. Bei dieser Gelegenheit sei noch erwähnt, daß Schmiermittel, wie Oel usw. nicht anzuwenden sind, weil die sehr interessante Beobachtung gemacht wurde, daß, wenn feste und kalte Körper in flüssige oder halbflüssige von hoher Temperatur eingetaucht wurden bzw. mit solchen in Berührung treten, sie wenig Wärme absorbieren, sofern sie sich nur in genügend rascher Drehung befinden. Wesentlich für die praktische Ausführbarkeit des Robertson'schen Prozesses sind die bereits erwähnten zweiteiligen Matrizen oder Kluppen, welche das Metallstück von außen während der Lochungsperiode umschließen und dem seitlichen Druck des innen arbeitenden Dornes Widerstand leisten. Sie müssen sich zur leichten Herausnahme der Rohrzylinder rasch öffnen lassen und haben zu diesem Zweck an der Außenseite, gegenüber der Schließfläche, eine Anzahl schräg abfallender Vorsprünge.

Mit diesen klemmt sich die Kluppe zwischen die mit entsprechenden Ausschnitten versehenen Innenseiten eines starken Metall-Lagerblocks, wodurch die beiden Hälften der Kluppe während des Lochens oder Aufweitens von zylindrischen bzw. hohlzylindrischen Werkstücken fest gegeneinander gedrückt werden.

Die Einspannung und das Gegeneinanderdrücken der Kluppenhälften wird durch den auf den Dorn in der Arbeitsrichtung ausgeübten Druck bewirkt.

Eine andre Einrichtung einer langen rohrförmigen Kluppe, zum Zwecke, um unter Gegenwirkung eines

Dornes aus massiven, weißglühenden Stahlstücken direkt Röhren herzustellen, oder um aus bereits ausgehöhlten Zylindern dünne Röhren zu ziehen, besteht darin, daß die beiden Kluppenhälften nicht halbzylindrisch sind, sondern in der Längsrichtung einen Ausschnitt haben und in starke Lagerblöcke

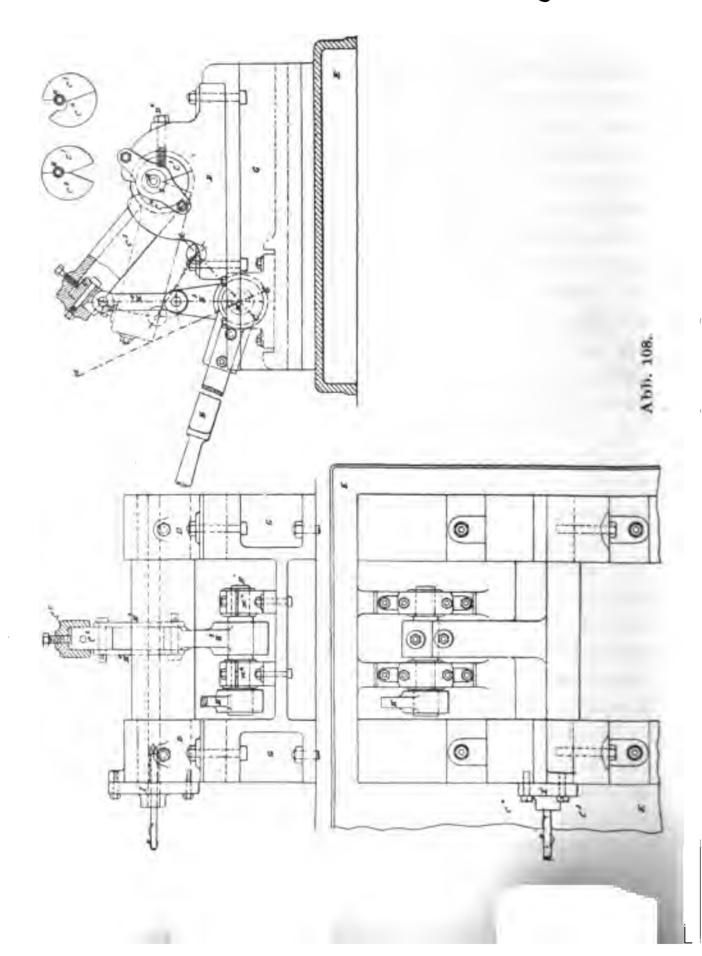


Abb. 108.

eingesetzt werden, die auf einer der Länge der Kluppe entsprechenden Grundplatte E angeschraubt sind (s. Abb. 108). Die eine der beiden Kluppenhälften wird in den Lagerböcken befestigt, während die andre sich etwa um ein Fünftel des Umfanges der Kluppe drehen kann.

An dieser beweglichen Backe ist ein Hebelarm angegossen, welcher durch Zwischengelenke von Hand oder auf andre Weise bewegt werden kann. Das runde Lager für den Metallblock befindet sich mit seinem untern Rande nahe der Mitte der Kluppe und folglich auch nahe an der Mitte des umspannenden Lagerblockes, exzentrisch zu beiden, so daß, wenn der Hebelarm niedergedrückt wird, die Kluppe sich soweit öffnet, um das Werkstück einlegen zu können. Bei hochgehobenem Hebel hingegen ist die Kluppe geschlossen und das Werkstück solange fest eingespannt, bis dasselbe durch den Dorn in eine Röhre verwandelt, oder, falls es schon vorher hohl war, zu einem dünnern und längern Hohlzylinder ausgezogen ist.

Die Stärke des Dornes beträgt zweckmäßig nur etwa 15 bis 30 mm und die Umdrehungsgeschwindigkeit, wie der Erfinder angibt, 10- bis 20 Tausend Touren in der Minute. In den beiden vorbeschriebenen Einrichtungen schmiegt sich die Wandung der entstehenden Röhre an die Innenfläche der langgestreckten, röhrenförmigen Kluppenform an, und der noch nicht zur Röhre gestaltete Teil des Werkstückes wird in dem von der Kluppe umschlossenen Hohlraum vorwärts gestoßen, bis das ganze Material zur Röhre ausgeformt ist. In Abb. 108a ist zum Unterschiede davon eine ebenfalls von Robertson ersonnene Arbeitsart dargestellt, bei der das Werkstück in einer halbzylindrisch ausgehöhlten, in der Längsrichtung beweglichen und von einer Rolle unterstützten Lagerrinne liegt und eine Scheibe mit

entsprechendem Kaliber von oben den Gegendruck leistet. Die Drehung der Kaliberwalze oder Scheibe, deren Durchmesser nicht zu klein gewählt sein darf, erfolgt nur durch Friktion bei der Fortbewegung der Lagerrinne.

Der wunde Punkt und Fehler aller dieser Operationsmethoden (der Erfinder zählt in seiner Patentschrift noch eine Reihe weiterer Modifikationen

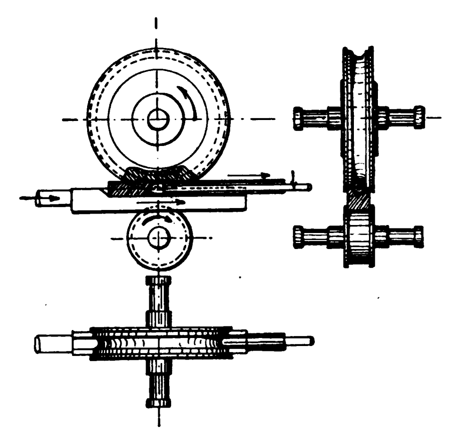


Abb. 108 a.

auf, die sich mehr oder minder eng einer der drei hier angeführten Grundprinzipien anschließen) ist, wie sich leicht erkennen läßt, daß der Dornkopf, und in noch höherm Maße die Dornstange, nur geringe Stärkeabmessungen besitzen dürfen, weil bei der hohen Tourenzahl des Dornes die Umfangsgeschwindigkeit sonst eine zu bedeutende würde. Es kann also nur ein sehr enges Loch in dem Massivblock eingearbeitet werden, das durch spätere Operation auf Aufweiteapparaten ganz ähnlicher Konstruktion vergrößert w[illegible] Metallmoleküle

erhalten dadurch aber, daß sie vorher einer Streckung und Zugoperation unterworfen waren, und nun wieder auseinander getrieben werden müssen (dem bald darauf übrigens wieder Streckungszüge folgen) eine so außergewöhnliche Beanspruchung, daß selbst das geduldigste Material hier versagt oder zumindest sehr stark leidet. Zudem biegt sich die schwache Dornstange unter der Einwirkung des bedeutenden Arbeitsdruckes sehr leicht durch und bedarf, wenn dies verhindert werden soll, besonderer Gleisführungen, wie es in Abb. 109 erkenntlich ist.

Die Ausbildung dieser verbesserten Arbeitsweise ist so, daß das in der zweiteiligen Kluppe oder Matrize eingebettete Werkstück, auf der der Angriffs-

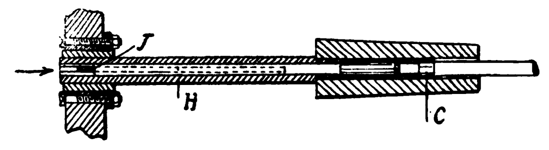


Abb. 109.

seite des Dornes entgegengesetzten Seite von einer Gegendruckvorrichtung *C*, mit vorgelagerter Ringmanschette, gestützt ist. Das Werkstück kann dadurch vollständig durchbohrt werden, und der Dornkopf nach beendeter Bohrarbeit am hintern Ende des ehemaligen Blockes austreten. Die Führung der Ziehstempelstange besteht aus einem Rohrgleis *H* (in dessen Bohrung die Stange paßt), welches die Verlängerung der Matrizenhöhlung bildet.

Dasselbe besitzt einen einseitig auf der ganzen Länge hindurch gehenden Schlitz, durch welchen ein Mitnehmerkeil *J*, der nach innen von einer verschiebbaren Muffe vorspringt, den Vorschubdruck auf die eingelagerte Dornstange überträgt.

Eine Vervollkommnung dieses Verfahrens, bei welchem wesentlich stärkere Dorne angewendet werden können und das glühende Werkstück nach beendetem Prozeß mittels Druckwasser derart abgekühlt wird, daß es sich aus der Matrize löst und aus dieser hinausgestoßen werden kann, ist dem gleichen Erfinder in Deutschland unter Nr. 81 549 patentamtlich geschützt worden. In Abb. 110 ist eine Rückansicht und ein Schnitt durch die Matrizen

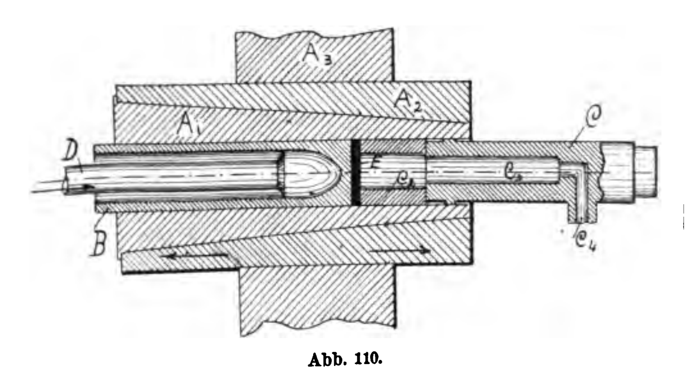


Abb. 110.

und Ziehstempeleinrichtung, zur Anfertigung gezogener Rohre aus vollen Stahlblöcken, dargestellt.

Die, wie in den vorbeschriebenen Fällen, aus zwei aneinanderpassenden Längshälften gebildete röhrenartige Matrizenform A_1 wird von dem in beiden Richtungen verschiebbaren Matrizenblock A_2 gehalten, dessen, der Metallverschiebung entsprechende Bewegung an dem Maschinengestellteil A_3, durch den Arbeitsvorgang des Ziehstempels D, bestimmt wird.

Um zu verhindern, daß das heiße Metall des Arbeitsstückes B (welches in der Abbildung fast durchbohrt gezeichnet ist) vor dem Dorn unregelmäßig aufplatzt, und mit in den vor dem Wider-

lagerstempel C eingebauten Ringstück C_2 getrieben wird, wird eine 6 bis 25 mm starke (aus Kupfer oder Stahl bestehende) Platte E zwischen dem Block und der Ringmanschette C_2 eingelegt, welche gleichzeitig den Abschluß für die Leitung des unter Hochdruck stehenden, durch den hohlen Widerlagsstempel zugeführten, Kühlwassers bildet.

Sobald das Arbeitsstück durchlocht und in die Rohrform gezogen ist, tritt von der Vorderseite her das Wasser aus der Leitung C_3 und C_4 gegen die eben gebildeten, stark erwärmten Rohrwandungen, und bewirkt unter Dampfentwicklung, durch sofortige Abkühlung, eine Zusammenziehung des Rohrkörpers

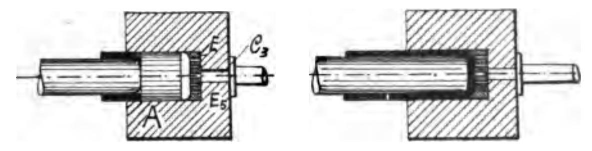


Abb. 111.

in der Matrize, so daß die unmittelbare Ablösung aus derselben erfolgt und der Wasser- bzw. Dampfdruck zur Austreibung des Arbeitsstückes, unter Zurückstellung des Ziehstempels oder Dornes, wirksam werden kann. Zu letzterm Zwecke bildet der Dorn den mit der Innenwandung des Rohres nahezu schließend verbundenen Rückstoßkolben.

In der in Abb. 111 gezeichneten Anordnung des gleichen Verfahrens ist die Matrize an einem Ende geschlossen, um die Herstellung auch solcher Hohlkörper zu ermöglichen, die, wie z. B. Kohlensäure-, Ammoniak-, schweflige Säure- usw. Flaschen, zur Aufnahme von unter hohem Druck gehaltenen, gasförmigen Stoffen dienen. Die innere Oeffnung des Wasserkanals C_3 wird mit einer starken runden Platte E bedeckt, welche lose in den Boden der

Matrize A eingelegt ist und deren Form dem Boden des zu erzeugenden Hohlkörpers entspricht. Diese Platte erhält eine Anzahl Löcher E_5 von geringem Durchmesser, derart, daß das heiße Metall nicht weit in diese Löcher eintreten kann, und, nach vollendetem Arbeitshube, durch Zulassung des Wassers schnell ausgetrieben wird. Eine etwas abgeänderte Vorrichtung für ähnliche Zwecke und speziell zur Fabrikation von Granaten u. dgl. geeignet, ist in Abb. 112 dargestellt. Hiernach wird ein Wasserkanalstück C_3 in den Boden der Matrize eingefügt, welches mit schwachen Drahtbündeln ausgepackt ist, durch deren Zwischenräume das Druckwasser wirken kann.

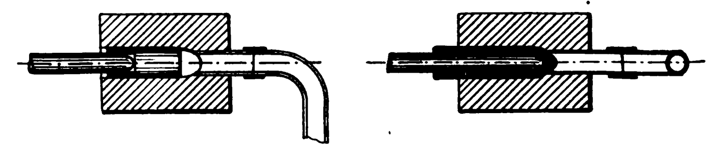


Abb. 112.

Das Robertson'sche Verfahren wird verschiedentlich in der Praxis ausgeübt und liefert gesunde Erzeugnisse. Es ist aber nicht zu leugnen, daß der Kraftbedarf ein erheblich höherer sein muß als bei Ehrhardt, weil die Moleküle des glühenden Blockes längs des Dornes, jedoch entgegen seiner Eindringungsrichtung, wandern, sich also gewissermaßen über den Dorn zurückschieben. Man könnte den Vorgang vergleichen mit einem langen zylindrischen Wassergefäß, in dem eine Flüssigkeitssäule bis etwa zur Hälfte der Gefäßhöhe steht. Sobald man in das Gefäß einen langen Stab einsenkt, wird das Wasser nach oben steigen.

Ein weiteres von Dr. Georg Walz in Heidelberg ersonnenes Verfahren, zur Bohrung von massiven

Stahlblöcken, ist in der Abb. 113 dargestellt. Walz gibt der Matrizenhöhlung, um den sehr hohen Arbeitsdruck und die Streckung des Werkstückes beim Lochen zu verringern, am Eingange des Dornes eine konische Erweiterung, welche dem Material gestattet, einen größern Durchmesser anzunehmen als die Matrizenbohrung aufweist. Es ist nicht zu bezweifeln, daß dadurch die Lochung mit einem Bruchteil des Druckes erfolgen kann, der nötig wäre, wenn das Werkstück unter Beibehaltung des gleichen äußern Durchmessers zu durchhöhlen wäre, es ist aber anderseits nicht zu übersehen, daß die Hohlzylinderwandungen des gelochten Stückes auch viel stärker sind, als dies der Fall wäre, wenn der ursprüngliche äußere Blockdurchmesser erhalten geblieben wäre. Was also an Kraft gespart wurde, muß bei der spätern Weiterverarbeitung des Hohlzylinders zum fertigen Rohre, wenigstens teilweise wieder zugesetzt werden. Immerhin jedoch bietet die Walz'sche Lochungsmethode Vorteile, die seine Besprechung wünschenswert machen.

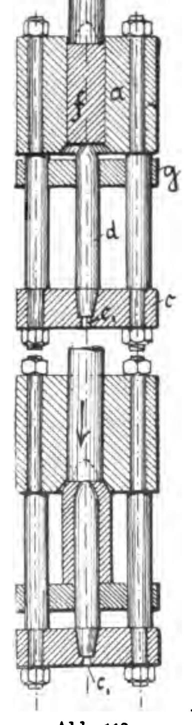


Abb. 113.

Die Matrize *a* ist durch Zugstangen mit der Traverse *c* fest verbunden, in welch letztere der durch eine zweite bewegliche Traverse *g* zentrisch geführte Dorn *d* gelagert ist.

Der durch hydraulischen Druck oder andre Mittel bewegte Druckstempel *e*, welcher das Werk-

stück *f* über den Dorn preßt, erhält, falls dasselbe vollständig durchlocht werden soll, am besten eine der Dornspitze entsprechende Höhlung, die jedoch fortfällt, oder durch ein Paßstück ausgefüllt wird, wenn der zu lochende Block am Boden geschlossen bleiben soll.

Das Werkstück kann die Matrize ganz ausfüllen oder auch etwas Luft dazwischen lassen, aber je genauer es in der Matrize geführt ist, desto exakter wird das gelochte Produkt. Nach beendeter Lochoperation und Zurückziehen des Stempels *e* wird durch dies in der Achse des Dornes *d* und in der Traverse *c* liegende Bohrungsloch c_1 eine Stange gestoßen, welche den Dorn aushebt und das Werkstück, behufs Herausnahme des Dornes, freigibt. Wird c_1 so groß gewählt, daß der Dorn es passieren kann, so ist seine Entfernung auch nach der entgegengesetzten Seite möglich, indes muß alsdann während der Arbeitsperiode ein Bolzen in die Traverse oder den Dorn gesteckt werden, damit dieser eine Arretierung besitzt, die es ihm unmöglich macht, vor Beendigung des Prozesses zurückzuweichen. Kehrt man den beschriebenen Prozeß um, so erhält man die in Abb. 114 gezeichnete Anordnung, bei welcher der Dorn in das Werkstück eingedrückt wird, während der Stempel *e* ein Zurückweichen des Blockes verhindert und die Matrize *a*, welche sich mit dem Dorn vorbewegt, ein seitliches Ausweichen

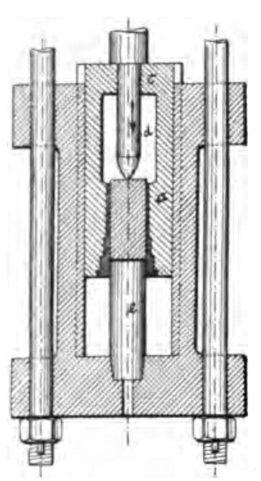


Abb. 114.



des Werkstückes vor dem Berühren mit dem Dorn an der noch massiven Stelle unmöglich macht. Auch hierbei bewegt sich das Werkstück nur so lange in dem engeren Teile der Matrize, als es noch nicht seine hohle Endform angenommen hat. Ist der Lochprozeß beendet, so wird der Dorn *d* zurückgezogen, wobei das auf demselben sitzende Werkstück an die Verlängerung *c* der Matrize *a* anstößt und seitlich herausgenommen werden kann. Die Anordnung des Lochapparates kann selbstverständlich in beliebiger Weise horizontal oder vertikal getroffen sein.

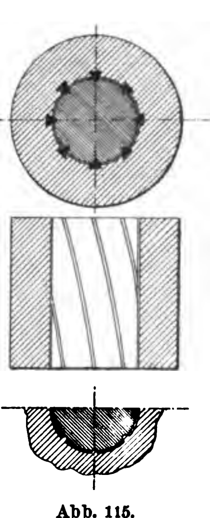


Abb. 115.

Statt der Matrize eine glatte Zylinderhöhlung zu geben, können die Wandungen derselben auch eingearbeitete, sei es vertiefte oder vorspringende Rillen bzw. Leisten besitzen (s. Abb. 115), welche in dem Arbeitsstück entsprechend profilierte Riefen hinterlassen, die sowohl parallel zur Achse als auch in Schraubenlinien verlaufen können.

Eine Erweiterung des vorstehend beschriebenen Verfahrens, bei welcher die Führungshülse des Metallblockes, entsprechend dem Vordringen des Dornes, zurückweicht, ist dem bekannten und in hüttenmännischen Neuerungen erfindungsreichen Zivil-Ingenieur R. M. Daelen in Düsseldorf patentamtlich geschützt worden (D.R.P. Nr. 92179) und charakterisiert sich dadurch, daß der gelochte Teil des Werkstückes in eine feststehende, wie Abb. 116 zeigt, die Führungsmatrize umgebende Form gepreßt und hierdurch verdichtet eventuell auch mit Prägemustern versehen wird.

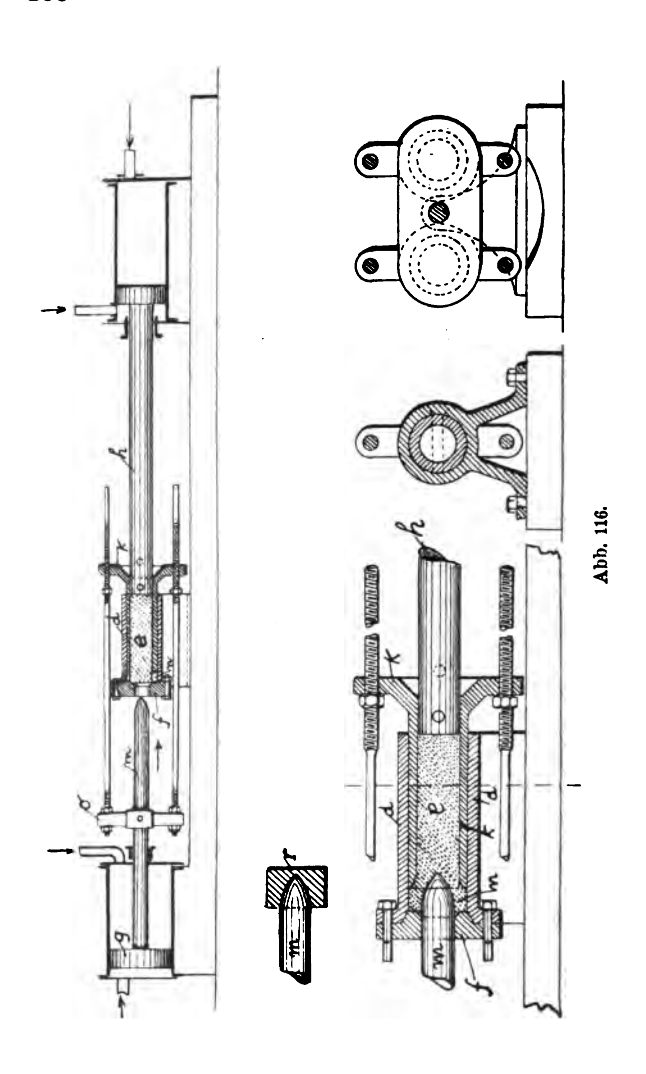


Abb. 116.

Der zylindrische Metallblock *e* wird bei diesem Verfahren in die ihn umgebende Führungsmatrize *k* eingesetzt und, vermittels des Kolbens *h*, in die feststehende Mantelform *d* eingeschoben. Hierauf wird die Brille *f* an der Form *d* befestigt und die Matrize, mittels eines Bolzens, mit der Kolbenstange *h* verbunden. Auf dem Preßdorn *m* ist ein Querhaupt *o* befestigt, von welchem zwei Ankerstangen ausgehen, die das flanschenartig verbreiterte Ende des Führungszylinders oder der Matrize *k* durchdringen. Wird der Preßkolben *g* bzw. der Dorn *m* in der Richtung zum Werkstücke vorwärts bewegt, so dringt er schließlich in dieses ein und verdrängt das Material desselben, welches dann nur seitlich in den Erweiterungsraum *n* ausweichen kann, und an die feststehende Form *d* angepreßt wird. Der Metallblock erfährt also eine begrenzte Vergrößerung seines Durchmessers, und zwar auf eine durch die Entfernung der Brille *f* vom zunächst gelegenen Ende der Führung *k* bestimmte Länge. Da nun das auf dem Preßdorn festsitzende Querhaupt *o* sich bei seinem Vorwärtsgange mit den Bolzen bzw. Ankerstangen und den darauf befindlichen Stellmuttern vorwärts bewegt, so wird auch von einem bestimmten Zeitpunkt an, welcher durch die Stellmuttern regulierbar ist, die Führung *k* in der Richtung des Pfeiles bewegt werden, während dieselbe von der Bewegung der Stellmuttern und der Bolzen in entgegengesetzter Richtung nicht beeinflußt wird. Indem das Material des Werkstückes an die äußere Form *d* gepreßt wird, wird dasselbe verdichtet und damit das Auftreten von Rissen oder Sprüngen an der Oberfläche des gelochten Blockes vermieden; gleichzeitig aber werden die einzelnen Materialteilchen des Blockes auch durch Reibung zurückgehalten, wodurch ein schräges Fließen der Metallpartikelchen bewirkt wird, welches wesentlich zu

einer gleichmäßig dichten Struktur und zur Erhöhung der Festigkeit der Wände des gelochten Zylinders beiträgt. Nachdem das Durchlochen des Blockes beendet ist, wird der Preßdorn *m* zurückgezogen, die Führung *k* mittels des Kolbens *h* ebenfalls zurückbewegt und die vordere Brille *f* entfernt. Hierauf die Scheibe *r* auf die Spitze des Dornes gesotzt und der entstandene Hohlkörper damit herausgedrückt. Ist die Innenwand der feststehenden Form *d* mit erhabenen oder vertieften Schraubengängen versehen, so werden dieselben auf das Werkstück übertragen und dieses gemustert.

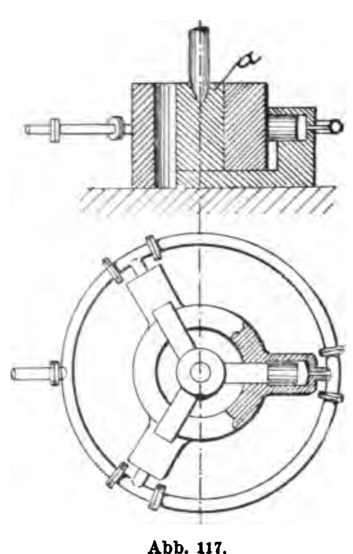


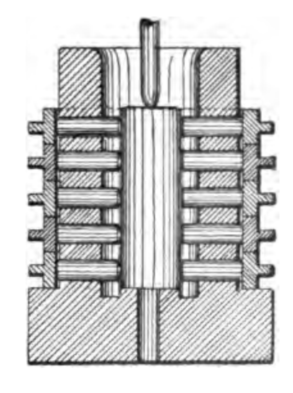
Abb. 117.

Eine andre Neuerung, die den Zweck hat, den Kraftaufwand beim Lochen zu verringern und jede Querschnittsverminderung und Umformung des Werkstückes während des Aushöhlungsprozesses zu vermeiden, ist in Abb. 117 dargestellt und von Paul Kühne in Berlin vorgeschlagen worden.

Der glühende Stahlblock *a* wird durch drei oder mehrere, senkrecht zu seiner Achse und radial auf den Umfang desselben wirkende, unter Druck stehende Horizontalstützen genau zentrisch gehalten. Dringt der Preßdorn in das Arbeitsstück ein, so werden diese Stützen radial zurückgedrängt und der

Block erfährt eine nach allen Richtungen gleichmäßige Ausdehnung, ohne seine äußere Grundgestalt zu wechseln.

Sollen längere Stücke gelocht werden, bei denen die gezeichnete Anordnung nicht ausreichen würde, den Block auf seiner ganzen Länge in eine zentrische Lage zu halten, so tut man gut, die einzelnen Stützen, je nach Bedarf, aus zwei oder mehreren Teilen herzustellen, von denen jede mit einem unter Druck stehenden Kolben oder mit einer sonstigen Zentriervorrichtung versehen ist.



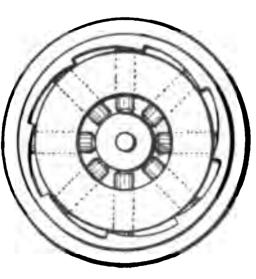


Abb. 118.

Im Prinzipe diesem Verfahren verwandt ist eine Arbeitsmethode, die in Abb. 118 dargestellt ist und sich dadurch kennzeichnet, daß das zu lochende Werkstück zwischen mehreren, in verschiedenen Höhen und reihenweise übereinander angeordneten, auswechselbaren Dornen eingespannt wird. Der zu lochende Block wird demgemäß in eine Ringmatrize eingesetzt, die, in mehreren Lagen übereinander, radiale Löcher aufweist, in welche Dornstücke spielen.

Entsprechend der Anzahl von horizontalen Lochreihen sind über die Matrize eine Anzahl Ringe geschoben, die auf ihren Innenflächen sperradartige Zähne oder Aussparungen haben, an welche sich

die hintern Dornflächen anlehnen. Werden diese Ringe um ein Geringes gedreht, so verursachen die zahnartigen Vorsprünge ein Vorrücken der Dornspitzen zur Zentralachse der Matrize, während umgekehrt, wenn in die Matrize ein zylindrischer Block eingebracht ist, die Dorne zu den tiefsten Stellen der Zahnlücken gedrängt werden, der Ring also eine Rückdrehung empfängt, sobald der Lochungsstempel in den Block eindringt.

Erfolgt das Lochen vollständig, so müssen natürlich auch sämtliche Ringe gedreht werden, während sonst, wenn das Lochen nur bis zu einer bestimmten Tiefe durchgeführt wird, auch nur die bis dahin reichenden Ringe eine Drehung erhalten.

Nach beendetem Prozeß können die Dorne durch Drehen oder Abnehmen der Ringe wieder in die ursprüngliche Lage zurückgeführt und das durchlochte Stück aus der Matrize herausgenommen werden.

Eine weitere nicht unvorteilhafte Methode, Stahlblöcke für die Fabrikation nahtloser Rohre zu lochen, rührt von Friedrich Renfert in Witten a. Ruhr her und beruht darauf, daß der glühende Metallblock in einem geteilten Gesenke zuerst zentrisch vorgelocht bzw. angelocht wird (wobei eine kleine Erweiterung oder ein Kragen entsteht), und dann in einem folgenden einteiligen Arbeitsgesenk vollständig vom Preßdorn durchbohrt wird.

Je nachdem es sich darum handelt, Hohlkörper mit oder ohne Boden herzustellen, weisen die Gesenke (s. Abb. 119) an beiden oder nur an einer Seite Erweiterungsringräume auf, welche das vom Preßdorn beim Anlochen verdrängte Material aufnehmen.

In Abb. 120 ist ein Verfahren von Gustav Gleichmann in Düsseldorf dargestellt, bei welchem der in einer Matrize durch Gegendruck festgehaltene Block mittels eines Stempeldorns zunächst vor-

gelocht wird (um durch Eindrücken des Materials in Wellen, Nuten oder sonstigen Unebenheiten das Werkstück der innern Matrizenform ganz anzupassen) und alsdann nach Entfernung des Gegendrucks, beim weitern Vortreiben des Lochstempels, unter gleichzeitiger Streckung zu einem Hohlkörper ausgebildet wird. Als Widerlager während der Vorlochungsperiode kann beispielsweise ein kalter Zylinderblock *a* dienen, der durch einen Keil *b* an

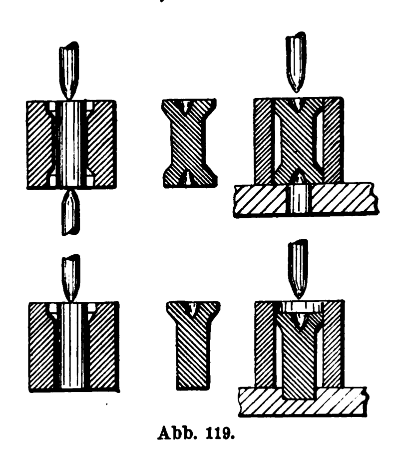


Abb. 119.

einer Verschiebung beim Eindringen des Preßdorns in das glühende Werkstück gehindert ist.

Da die Matrize aus zwei durch Scharniere verbundene, aufklappbare und schnell verriegelbare Längshälften besteht, verursacht das Einbringen des Widerlagerblocks und das Herausnehmen des Hohlkörpers keine nennenswerten Schwierigkeiten.

Das Verfahren gestattet die Anwendung dickerer Dorne, so daß man in einer Operation nicht nur ein längeres Rohrstück, sondern auch dünnere Wandstärken erhält. Die aufgepreßten Wellen können

durch weitere Operationen weggewalzt bzw. durch Ziehprozeß ausgeglichen werden. Die Teilung oder die Länge der Wellen in der Matrize steht zweckmäßig in einem gewissen Verhältnis zur Länge der

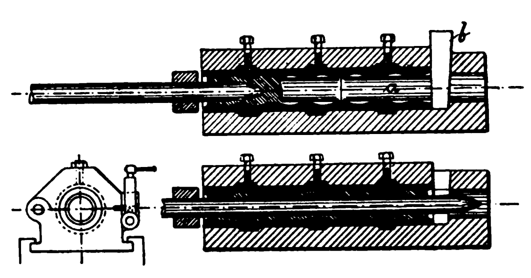


Abb. 120.

Dornspitze (Dornspitze etwa $1^1/_2$ Wellenlänge), weil sonst eine ungünstige Beanspruchung des Werkstückes eintritt.

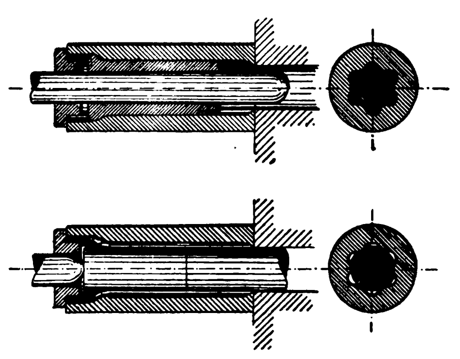


Abb. 121.

Statt die Lochung des Blockes in einer quergenuteten Matrize zu bewerkstelligen, kann die Matrize, nach einem abgeänderten Verfahren des

gleichen Erfinders, auch am vordern, dem Preßstempel zugewendeten Ende kelchartig erweitert und auf der weitern Innenfläche mit längslaufenden Nuten versehen sein, in denen es nach Entfernung des Widerlagers, beim Fertiglochen das Werkstück festhält.

In Abb. 121 ist das Verfahren im Längs- und Querschnitt veranschaulicht. Bei der Vorlochung, die auch hier nur etwa den dritten Teil des Gesamthubes

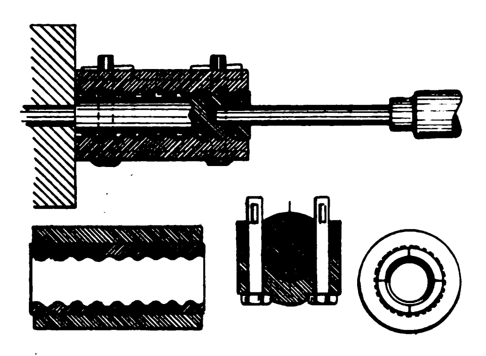
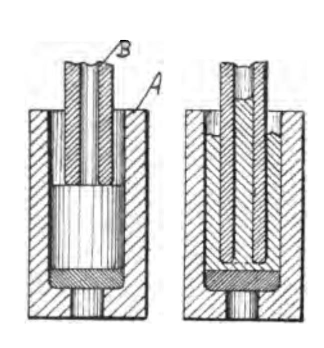


Abb. 122.

vom Lochdorn beträgt, preßt sich das Blockmaterial in die kelchartige Erweiterung und in den vordern Teil der Längsnuten ein und erhält dadurch genügend Halt, um bei der folgenden Vorbewegung des Preßdornes gestreckt und ganz zu einem Hohlkörper umgeformt werden zu können. Ein ganz ähnliches Verfahren, bei dem der Blockkörper beim Eindringen des Preßdornes in Ringnuten der Matrize eingedrückt wird, hat neuerdings John Fritz in Bethlehem (Pennsylvania, Amerika) der Oeffentlichkeit übergeben. Dasselbe ist in Abb. 122 dargestellt und erklärt sich aus dem Vorhergegangenen von selbst. Einen etwas weniger vertrauensvollen und

praktischen Eindruck macht die kürzlich vom deutschen Patentamte publizierte Erfindung von R. Reinert in Bernburg, auf welche sich die Abb. 123 und 124 beziehen.

Die Matrize *A* ist zylindrisch ausgedreht und besitzt einen solchen Durchmesser, daß der zu lochende Block in sie gerade eingebracht werden kann. Im Boden der Matrize befindet sich eine zylindrische Oeffnung, welche durch eine Platte abgedeckt ist. Der Preßdorn *B*, am Kolben einer hydraulischen Presse befestigt, ist, zum Unterschiede von allen bisher besprochenen Verfahren, hohl und verdrängt, infolge seines ringförmigen Querschnittes, das glühende, also plastisch weiche, Blockmaterial in der Weise, daß ein Teil in den, zwischen Stempel und Matrize freien Raum hochsteigt, der andre, Kernteil des Blockes, der im allgemeinen das poröseste und minderwertigste Gefüge hat (sogenannte Bunkerstelle), in das Innere des Stempels eindringt. Dadurch, daß man den Durchmesser der Bohrung des Stempels größer oder kleiner wählt, hat man es in der Hand, das Steigen des Materials zu regeln und kürzere oder längere Hohlkörper zu erzeugen.



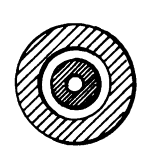




Abb. 123.

Von der Beschaffenheit des Materials, den Reibungsverhältnissen und dem Querschnittsverhältnis der beiden in Frage stehenden Räume, wird es abhängen, ob das Material in der Bohrung des Preßstempels ebenso hoch, höher oder weniger hoch steigt als in dem den Preßstempel umgebenden, ringförmigen Raume. Ist der Stempel in geringem Abstande von der Bodenplatte angekommen, so wird er wieder zurückgezogen und das Werkstück aus der Matrize entfernt. Dies geschieht zweckmäßig mit Hilfe eines Unterstempels, der durch die zylindrische Bodenöffnung der Matrize eintritt und die Bodenplatte anhebt. Der zurückbleibende Blockkern muß nachträglich auf irgend eine Weise entfernt werden. Er kann jedoch auch schon beim Pressen durch eine geeignete Gestaltung der Bodenplatte beseitigt werden, wie dies aus Abb. 124 hervorgeht, wo der Preßstempel kurz vor dem Ende seines Hubes den obern Rand einer Ausdrehung passiert, die das den Kern mit der Rohrwand verbindende Material abschert, so daß unmittelbar beim Pressen ein beiderseits offener Hohlzylinder entsteht.

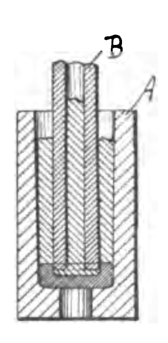


Abb. 124.

Selbstverständlich kann die Querschnittsform des Hohlraumes der Matrize ganz beliebig gewählt werden, und ist es auch nicht notwendig, daß der Querschnitt des Werkstückes mit der Innenform der Matrize übereinstimmt. Schließlich kann auch der hohle Stempel beliebigen Querschnitt erhalten.

In Abb. 125 ist ein Verfahren zur Darstellung gebracht, bei welchem zwei Druckstempel zur Anwendung kommen, von denen der eine die Lochung übernimmt und der andre, während der Lochungs-

periode als Gegendruckmittel wirkende Stempel die Einbringung des Arbeitsblockes und die Ausstoßung des fertigen Werkstückes vollzieht, wobei ein im

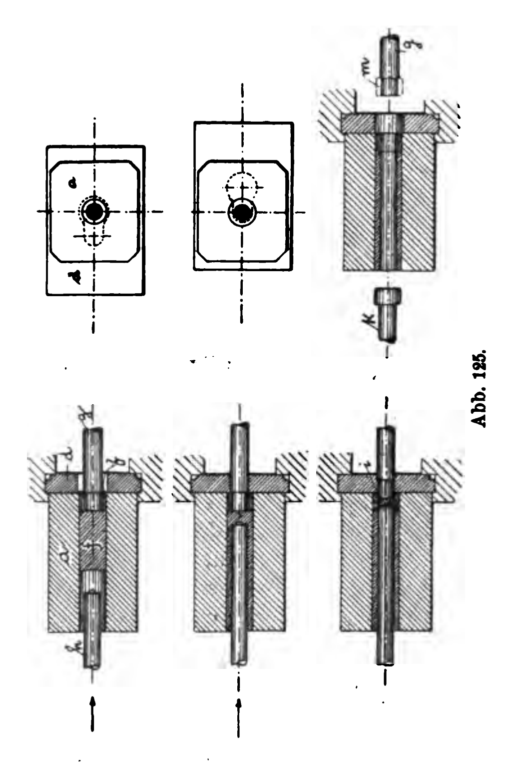


Abb. 125.

Gestell der Presse beweglicher Schieber mit verschieden großen Bohrungsöffnungen die Stempeltätigkeit regelt.

Das zu verarbeitende Werkstück wird in die Matrizenform *a* in der Weise eingebracht, daß die verschiebbare Abschlußplatte *d* mit ihrer größern

Bohrung in Verlängerung mit der Matrizenhöhlung eingestellt wird, daß von dem Preßstempel *g* vorgeschobene Arbeitsstück also durchtreten kann. Alsdann wird der Stempel *g* zurückgezogen, auf sein etwas dünneres Ende eine Ringbüchse *b* geschoben, und Stempel mit Ring nunmehr wieder durch die größere Plattenöffnung vor den Block bewegt, so daß sie beide gemeinsam den Boden der Matrizenform bilden. Der Stempeldorn *h* bewegt sich hierauf in der Richtung des Pfeiles und erzeugt, da Stempel *g* mittels hydraulischen Druckes belastet ist und nicht zurückweicht, in dem Werkstücke *f* eine Höhlung, wobei er das verdrängte Material in bekannter Weise zwingt, in den ringförmigen zwischen ihm und der Matrizenwandung gebildeten Raum zu fließen.

Gegen Ende dieser Operation wird der zwischen Dorn und Gegendruckstempel befindliche Teil *i* oder der Boden des entstandenen Hohlkörpers unter Rückwärtsbewegung bzw. Nachgeben des Gegendruckstempels herausgestoßen.

Der Stempeldorn *h* geht sodann zurück und das gebildete Rohr wird unter Benutzung eines Ausstoßstempels *k* von hinten, oder eventuell auch durch den Gegendruckstempel *g*, der zu diesem Zweck einen Ring *m* aufgesetzt erhält, von vorn aus der Matrizenform herausgetrieben. Natürlich ist vorher die Schieberplatte *d* so gestellt worden, daß die weitere Bohrung derselben den Austritt gestattet.

Will man Hohlkörper mit gelochtem Boden herstellen, dann erhält die Büchse *b* eine entsprechend kleinere Bohrung und der Gegendruckstempel eine dazu passende Spitze (s. Abb. 126).

Eine andre Arbeitsweise zum Pressen nahtloser Rohre aus einem massiven Stahlblock, wobei der Lochdorn nur von sehr geringer Länge ist und später als Kernstück dient, zeigt Abb. 127. Der Betriebsgang dieser Methode ist folgender:

Das glühende Arbeitsstück wird zunächst in den Aufnahmeraum *a* gebracht, der als engerer Halsteil eines Preßzylinders *b* ausgebildet ist, in welchen ein Kolben *c* spielt, dessen Stange in einen dünnen Dornfinger *d* endigt. Der Kolben *c* wird darauf vorwärts bewegt, so daß der Dornfinger in das Werkstück eindringt. Letzteres lehnt sich mit dem andern Ende gegen den durch die Kolbenstange *e* verschlossenen Kopf einer hohlen Matrize *f*, was zur Folge hat, daß der Arbeitsblock nicht nach vorn ausweichen kann, sondern der eindringende Dorn-

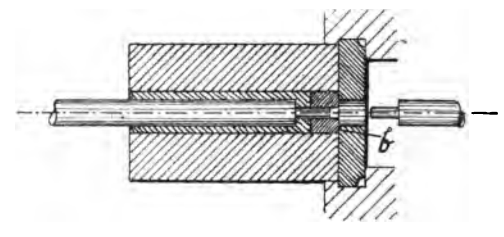


Abb. 126.

finger das Material anfangs nach rückwärts drängt, der Kolbenstangenkopf es später aber stark komprimiert. Erst wenn durch diese Komprimierung ein gewisser Ueberdruck auf die durch die Matrize gehende Kolbenstange *e* einwirkt, weicht diese zurück, wobei dann gleichzeitig der Kolben *c* mit dem Dornfinger entsprechend vordringt und das gelochte, kurze Werkstück in die frei gewordene Matrizenhöhlung schiebt.

Da der Kolben selbst nicht in die Matrizenbohrung eintreten kann, sein flacher Kopf aber das davor befindliche Arbeitsmaterial über den Dornfinger preßt, zieht sich der äußere Durchmesser entsprechend der Bohrung der Matrize zusammen und aus dem kurzen Hohlblock wird ein langes,

ziemlich dünnwandiges Rohr mit geschlossenem Boden und vorn etwas erweitertem Kragen.

Das Verfahren stammt von einem Amerikaner Herbert Keithley in Wilson (Niagara, V. St. A.) und

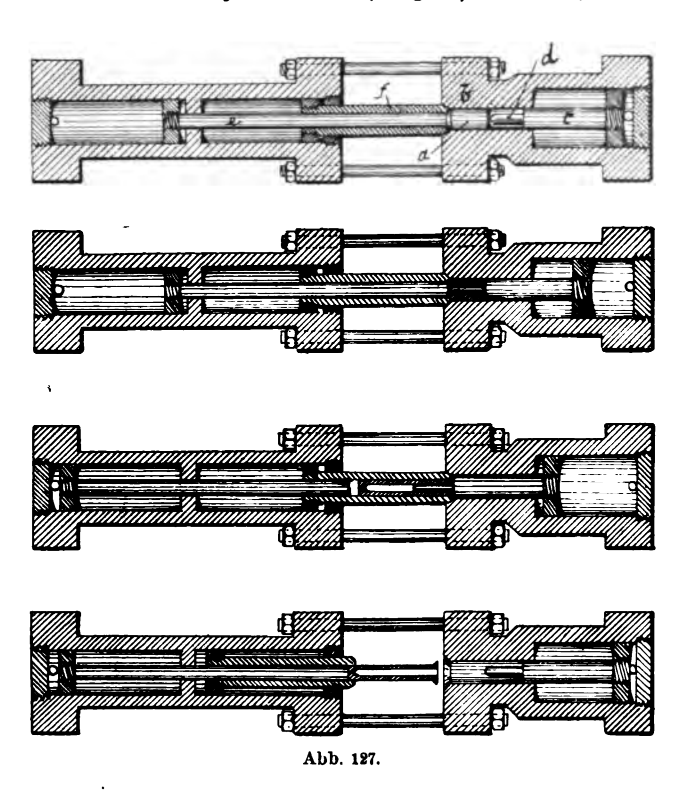


Abb. 127.

ist ebenso wie das folgende, von den beiden Engländern Balfour Fraser Mc Tear in Rainhill und Henry Cecil Gibson in London empfohlene, seit drei Jahren in erfolgreichem Betrieb.

Mc Tear und Gibson haben bei ihrer Arbeitsweise besonders Gewicht darauf gelegt, daß die Abnutzung der Matrize und des Dorns (Teile, die sonst durch Einwirkung des glühenden Arbeitsstückes schnell ersatzbedürftig sind und dadurch ziemlich hohe Kosten verursachen) eine geringe ist und durch Verminderung der beim Durchlochen auftretenden Oberflächenreibung der Kraftaufwand ein verhältnismäßig kleiner wird. Zu diesem Zweck ist die Matrize zweiteilig, indem der vordre Teil das Ende des Arbeitsstücks fest umfaßt, und letzteres aus dem hintern Teil der Matrize durch hydraulischen Druck wegzieht. Das Arbeitsstück wird mithin sowohl herausgezogen als auch herausgeschoben oder gepreßt. In der deutschen Patentschrift Nr. 155164 (der auch die Abb. 128 entnommen ist) geben die Erfinder nachstehende Beschreibung der Betriebsweise und Bauanordnung ihres Apparates:

Das glühende Arbeitsstück 0 ruht in den beiden Teilen I und II der Matrize und wird an seinem vordern Ende durch halbringförmige Greifschuhe 3 in dem Teil 2 festgehalten. Die Greifschuhe 3 stehen dabei unter der Wirkung kleiner hydraulischer Kolben in den hydraulischen Zylindern 4 (Abb. 1 u. 2) auf dem Teil 2 der Matrize. Zum Durchlochen des in der Matrize gehaltenen Werkstücks dient der von dem Preßkolben 7 am Rahmen 8 getragene Dorn 5 mit der konisch zulaufenden Spitze 6.

Der Rahmen 8 ist mit dem hintern Rahmen 9, welcher den hydraulischen Arbeitszylinder 11 mit dem Preßdruck 12 trägt, mit vier Stangen 10 verbunden. Der Preßkolben 12 trägt ein Querhaupt 13, durch das die Stangen 10 hindurchgehen und das auf diesen Stangen gleitet. Das Matrizengehäuse 14, welches die eigentliche Matrize 1 trägt, ist gleitbar mittels der an ihm angebrachten Hülsen oder Lager 15 auf den Stangen 10 gelagert und durch eine obere

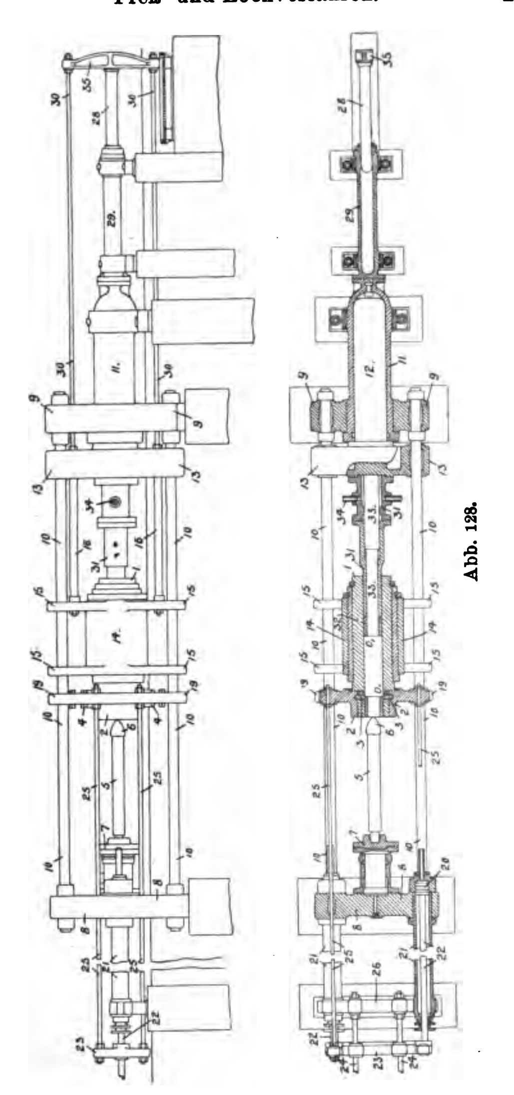


Abb. 128.

und untere Verbindungsstange 16 (Abb. 1 u. 2) mit dem Querhaupt 13 des Preßkolbens 12 verbunden. Auch der Teil 2 der Matrize trägt Hülsen 19, welche auf den Stangen 10 gleiten.

Der Teil 2 der Matrize wird durch Kolben 20, welche in den an den Rahmen 8 und 26 der Maschine befestigten Zylindern 21 arbeiten, gegen den Rahmen 8 gezogen. Die hydraulischen Kolben 20 sind mit der Matrize 2 durch die Kolbenstangen 22 und ein auf Führungsstangen 24 gleitendes Querhaupt 23 sowie Verbindungsstangen 25 verbunden. Der Rahmen 26 dient auch noch zur Unterstützung des einen Endes der für das Querhaupt 23 vorgesehenen Führungsstangen 24. Die Verbindungsstangen 25 treten durch den Rahmen 8 hindurch und werden dadurch unterstützt.

Der Rückzug des Hauptkolbens 12 sowie des hintern Teils 1 der Maschine wird durch den hydraulischen Kolben 28 in dem Zylinder 29 bewirkt, welcher am hintern Ende des Hauptzylinders 11 angeordnet ist. Der Kolben 28 ist dabei mit dem Querhaupt 13 durch das Querhaupt 35 an dem Ende des Kolbens sowie die Verbindungsstangen 30 verbunden. Die Vorrichtung zur Unterstützung des hintern Endes des Arbeitsstücks in dem hintern Ende der Matrize 1 besteht aus einem in die Matrize 1 hineinpassenden Zylinder 31, einem je nach der Länge des Arbeitsstücks auswechselbaren Rohrstück 32 (Abb. 3) zwischen dem Ende des Zylinders 31 und dem Werkstück 0 sowie einem Kolben bzw. einem in den Zylinder 31 passenden und in diesem Zylinder gleitbaren Stempel 33. Das Druckwasser wird dem Zylinder 31 durch Rohre 34 zugeführt. Ist das Druckwasser in den von dem Querhaupt 13 getragenen Zylinder 31 eingeführt, dann wird das hintere Ende des Arbeitsstückes während des Durchlochens von dem Zylinder 31 bzw. dem

Ring 32 an seiner äußern Kante und durch den Stempel 33 in der Mitte gehalten.

Die Wirkungsweise der Maschine ist folgende: Ist das Arbeitsstück 0 in den hintern Teil 1 der Matrize sowie den vordern Teil 2 eingelegt, dann wird es in den vordern Teil 2 durch die Greifschuhe 3 gehalten und darauf Druckwasser in die Zylinder 11, 21 und 31 eingelassen, wobei der Stempel 33 in seiner vordern Stellung gehalten wird. Das Querhaupt 13 wird durch Einlassen des Druckmittels in den Zylinder 11 nach auswärts gepreßt und bewegt sich mit der Matrize 1 und den Teilen 31, 32, 33 gegen Dorn 5, 6. Das Arbeitsstück wird hierbei über die Spitze des Dorns gepreßt. Gleichzeitig wird der vordere Teil 2 der Matrize durch die hydraulischen Kolben 20 in den Zylindern 21 nach der gleichen Richtung, aber mit einer größern Geschwindigkeit als die der Matrize 1, gezogen, so daß das Arbeitsstück über den Dorn 5, 6 auch hinausgezogen wird. Die Zugwirkung und die Geschwindigkeit der hydraulischen Kolben 20 wird derart bemessen, daß das Metall des Arbeitsstückes nicht zu weit ausgezogen oder überspannt wird. Während dieses ganzen Arbeitsvorganges werden die Matrize 1, der Zylinder 31 mit dem Rohr 32 und der Stempel 33 gleichmäßig mit solcher Geschwindigkeit vorwärts bewegt, daß der undurchlochte Teil des Arbeitsstückes fest in der Matrize ruht. Die Zugwirkung, welche auf das Arbeitsstück durch die Bewegung der vordern Matrize 2 ausgeübt wird, unterstützt das Ausfließen des Metalls aus der Matrize 1 sowie den ganzen Vorgang des Durchlochens und vermindert die Reibung, so daß die Matrizen nicht beschädigt werden und bedeutend länger halten.

Ist das Arbeitsstück 0 beinahe durchlocht, dann wird das Druckwasser aus dem Zylinder 31 ausgelassen, so daß die Spitze 6 des Dorns 5 den

Kolben bzw. Stempel 33 nach rückwärts pressen und über das Ende des Arbeitsstückes hinaustreten kann. Das Arbeitsstück wird während dieses Vorganges jedoch noch durch den Ring 32 und den Zylinder 31 unterstützt. Das durchlochte Arbeitsstück wird dann aus der Matrize 1 mit Hilfe der vordern Matrize 2 herausgezogen. Ist dann das Arbeitsstück vollkommen aus der Matrize 1 heraus, dann wird das Druckwasser aus dem Zylinder 4 herausgelassen, so daß die Greifschuhe 3 das Arbeitsstück loslassen und letzteres entfernt werden kann.

Anstatt die Matrize 1 mit den Teilen 31, 32, 33 zu bewegen, kann auch die Anordnung so getroffen

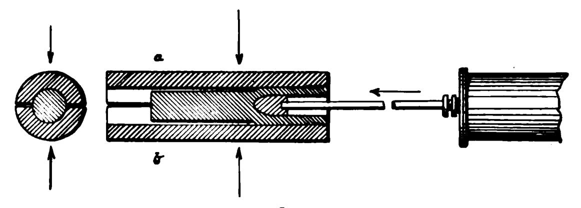


Abb. 129. Proc. Deville.

werden, daß der Stempel 5 mit Hilfe der hydraulischen Presse 12 bewegt wird; der hintere Teil 1 der eigentlichen Matrize bleibt dann ruhig in seiner Lage. Der vordere Teil 2 der Matrize wird auch in diesem Fall mit seinen Greifschuhen das Arbeitsstück von dem hintern Teil 1 in der Weise wegbewegen, daß der hintere, noch undurchlochte Teil des Arbeitsstückes in ähnlicher Weise, wie beschrieben, unterstützt wird.

…ei weitere Arbeitsprozesse zum Lochen von …n Stahlblöcken sind in den Abb. 129 u. 130 …h dargestellt. Beim ersten, dem Deville- …en die Compagnie Française des Méteaux …. 129), ist das Arbeitsstück zwischen

zwei Halbkreissegmentstücken eingeschlossen und erfährt eine Durchhöhlung mittels Preßstempels, ähnlich wie bei Robertson und einer Reihe anderer Verfahren, nur mit dem wesentlichen Unterschiede, daß mit Ausnahme des Blockendes zwischen Block und Matrizenform ein ringförmiger Raum frei bleibt, beim zweiten, dem Gorenson-Prozeß wird der Stahlblock (nach einer Mitteilung des l'Echo des Mines

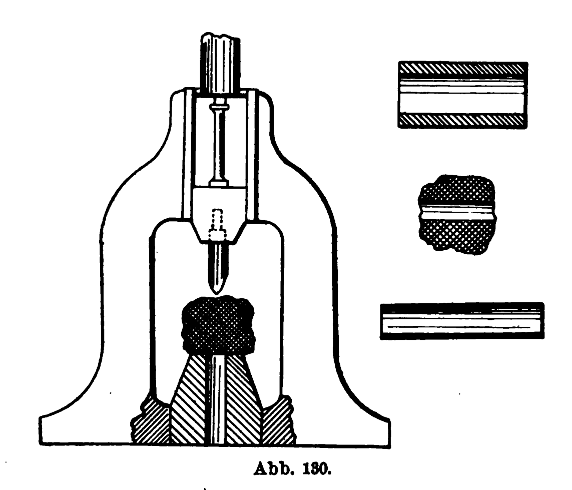


Abb. 130.

et de la Metallurgie, Jg. 1903) unter einem Dampfhammer, wie das Abb. 130 zeigt, von einem Stempel durchstoßen. Der Stahlblock braucht in diesem Fall nicht rund zu sein, weil die weitere Vorarbeitung des so entstandenen Hohlkörpers, in den Stahlwerken Sandwiken (Schweden), wo der Prozeß seit Jahren eingeführt ist, auf einem Walzwerk stattfindet, welches entweder mittels Kaliber die äußere Rundform erzeugt oder als Querwalzwerk mit gewöhnlichen Zylinderwalzen die Glättung und Herbeiführung

der äußern Zylinderform besorgt. Außer auf dem genannten Werk, welches übrigens bis vor kurzem sehr viel Fahrradrohre nach Italien und Frankreich ausführte (und wohl hauptsächlich wegen seines vorzüglichen Stahlmaterials für diese Lieferungen in Betracht kam), ist das Verfahren nirgends in Anwendung gekommen.

Zum Schluß sei noch eines Verfahrens Erwähnung getan, das wegen der originellen Kraftquelle, die zur Bewegung des Lochstempels gewählt ist, Berücksichtigung verdient. Dasselbe ist englischen Ursprungs (von William Pilkington in Sandfields ersonnen) und beruht darauf, daß der massive Block von einem mittels Pulver oder anderer Explosionsmassen getriebenen Spitzdorn durchdrungen wird.

Abb. 131.

Der Block *A* wird, wie Abb. 131 zeigt, in einer dickwandigen Matrizenform *B* eingesetzt, welche an einem Ende durch die Ringplatte *C* geschlossen ist. Das andere, an die Explosionskammer *D* grenzende, Ende der Matrize ist offen bzw. von dem Lochdorn *E* abgeschlossen. Der als Kolbenstange ausgebildete Dorn ist, um beim Eindringen in den glühenden Arbeitsblock genau zentriert zu sein, mit einer Führungsbüchse *G* umgeben. Als Explosionsmittel kann Pulver oder eine durch elektrische Zündung zur Detonation gebrachte Sprengpatrone dienen, doch dürfte es vorteilhafter sein und die Zylinderwände der Kammer mehr schonen, wenn ein Gas- und

Luftgemisch, welches bei *H* direkt hinter dem Kolben einströmt, benutzt wird. Die starke Feder *J* dient als Sicherheitspuffer, während die mit einer Dampfmaschine oder andern Kraftquelle verbundene, hintere Kolbenstange *k* den Lochdorn nach beendeter Arbeit wieder in die ursprüngliche Stellung zurückzieht, wobei die in der Explosionskammer zurückgebliebenen Gase bei *L* abziehen können.

Achter Abschnitt.

Das Stanzen von Röhren.

Unter den verschiedenen Verfahren zur Herstellung nahtloser Rohre gehört die Methode des Ausstanzens runder oder polygonaler Blechscheiben zu kasserollartigen Topfkörpern und darauffolgendem Ziehen zu den ältesten. Zwar blieb sie meist auf die Verwendung weicher und sehr dehnbarer Metalle beschränkt (Kupfer, Messing, Aluminium u. dgl.) und geschah dann in nur mäßiger Hitze oder ohne jede Anwärmung des Arbeitsstückes; aber Anfang der achtziger Jahre, nachdem die Eisen- und Stahlbereitungstechnik Materialien von hervorragenden Verarbeitungseigenschaften zur Verfügung stellte und man daran denken durfte, eine Streckung derselben auch im glühenden Zustande vorzunehmen, ohne Gefahr zu laufen, die Gefügeteile zu zerreißen, schien es eine Zeitlang, als ob der nahtlosen Stahlrohrerzeugung damit eine hoffnungsvolle Zukunft eröffnet sei. Diese Erwartungen sollten indes nicht ganz in Erfüllung gehen, denn, wenngleich das Verfahren an und für sich befriedigende Resultate lieferte, indem

sowohl die Erzeugnisse von guter Qualität ausfielen, als auch die Durchführungskosten nicht ins Unrentable wuchsen, es tauchten doch bald darauf die Schrägwalz- und Blocklochverfahren auf, die in vieler Hinsicht vorzuziehen waren. Gänzlich außer Betrieb gekommen ist jedoch die Methode der Röhrenstanzung aus Stahlscheiben auch heute nicht; und obschon es meist nur kürzere und dann verhältnismäßig kleinkalibrige Rohre oder einseitig geschlossene Hohlzylinder sind, die man auf diesem Wege herstellt,

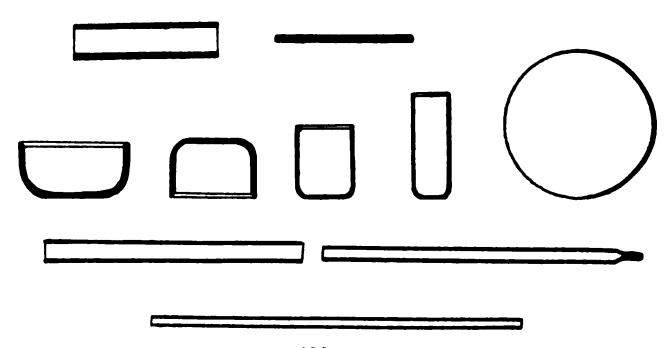


Abb. 132.

gibt es doch sowohl in Deutschland als auch in England, Frankreich, Schweden und Amerika einzelne Werke, die das Verfahren ausüben.

Die Durchführung desselben ist im Hauptprinzip überall die gleiche. Eine Stahlscheibe von kreisrunder, polygonaler oder neuerdings auch quadratischer Gestalt wird auf Rotglut erhitzt und auf eine kreisringförmige Matrize gelegt, über deren Hohlraum ein zentrisch geführter, stumpfer oder an der Spitze halbkugel- bis eiförmig abgerundeter Preßstempel angeordnet ist. Je nach der Dicke der Scheiben oder Platten (auch Rondelle genannt) und dem Durch-

messer des Preßstempels bzw. des Matrizenringes kann ein verschieden starkes und weites resp. langes Rohr erzeugt werden. Der Preßstempel ist stets etwas kleiner als die Matrizenöffnung und preßt bei seinem Niedergang infolgedessen die untergelegte

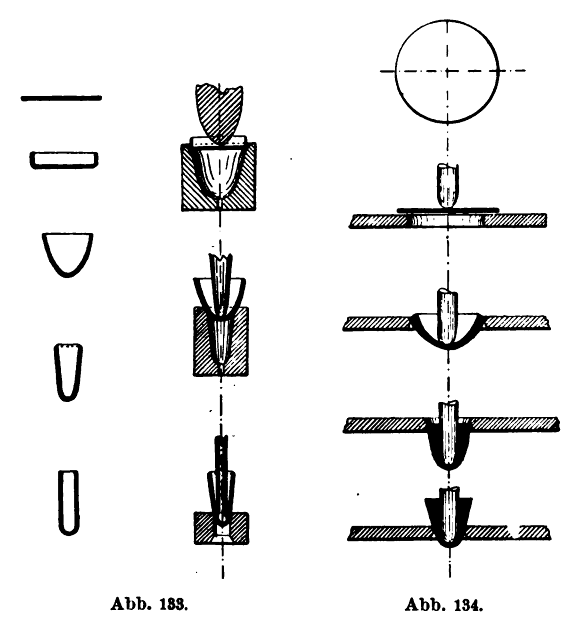


Abb. 133. Abb. 134.

Platte in dieselbe hinein, so daß eine flache Pfanne oder auch ein kasserollartiger Topf entsteht, der dann weiter, wie die Abb. 132 bis 135 zeigen, in im Durchmesser immer kleinere und dementsprechend tiefer werdende Matrizenhöhlungen mit dünner werdenden Stempeln hineingestoßen wird. Nach 5 bis 15 Pressungen, die, wenn eben möglich, in einer Hitze erfolgen, gelangt das zu einem etwa auf

15- bis 20 fachen Durchmesser langgedrückte Topfstück auf ein Walzwerk oder zu den Ziehbänken, wo eine weitere Streckung und insbesondere eine erheblichere Verminderung der Wandstärke herbeigeführt wird. Im erstern Falle muß das geschlossene Ende oder Bodenstück zuvor abgeschnitten werden, im letztern Falle pflegt man es nicht zu entfernen, sondern etwas einzuziehen oder zusammenzupressen (sei es durch Hammerschläge oder zwischen Preßbacken) und als Anfaßangel für die Ziehzange auszubilden.

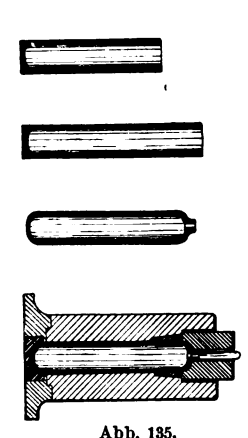


Abb. 135.

Auf einzelnen Werken wird statt des Walzprozesses, dem übrigens stets einige Zieh- operationen zu folgen haben, ein Hammerwerk benutzt, um die Wandstärke des Rohrstückes zu reduzieren, wobei das Werkstück warm sein muß, während es den Ziehoperationen meist kalt unterworfen wird.

Es ist leicht einzusehen, daß eine derartige Rohrfabrikationsmethode, bei der für die Erzeugung eines dünnen Präzisions- oder Velorohres oft 30 und mehr Arbeitsstadien zu absolvieren sind, sehr viel Arbeits- und Kraftkosten verursacht, und es daher nur natürlich ist, wenn die modernen Schrägwalz- und Lochverfahren ihr Fortbestehen sehr erschweren und in Frage stellen.

So setzt sich z. B. der Herstellungsprozeß eines Lokomotiv-Siederohres nach Mitteilungen des französischen Ingenieurs Jules Mayen (im L'Echo des Mines et de la métallurgie, Jahrg. 1903, Heft 1475, S. 396/97; desgl. Mémoires et compte rendu des Travaux de la Société des Ingénieurs Civil de France

1904. Vol. II, S. 18) aus folgenden Operationen zusammen.

Als Ausgangsprodukt ist eine Stahlscheibe von 580 mm Durchmesser und 25 mm Dicke gewählt.

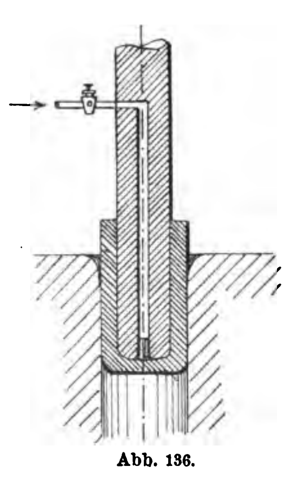
I. Auspressung zeigt die Dimensionen 390 × 440
II. „ „ „ „ 320 × 375
III. „ „ „ „ 260 × 317
IV. „ „ „ „ 217 × 274
V. „ „ „ „ 180 × 240
VI. „ „ „ „ 155 × 217
VII. „ „ „ „ 140 × 200
VIII. „ „ „ „ 130 × 188
IX. „ „ „ „ 120 × 175
X. „ „ „ „ 110 × 165
XI. „ „ „ „ 110 × 155

I. Walzung od. Hammerwerksstreckung erfolgt auf 98 × 143
II. „ „ „ „ „ 95 × 131
III. „ „ „ „ „ 90 × 119
IV. „ „ „ „ „ 85 × 108
V. „ „ „ „ „ 75 × 98
VI. „ „ „ „ „ 70 × 89
VII. „ „ „ „ „ 65 × 83

I. Kaltzug dimensioniert das Rohr auf 65 × 81
II. „ „ „ „ „ 60 × 77½
III. „ „ „ „ „ 59 × 74,8
IV. „ „ „ „ „ 58 × 67,2
V. „ „ „ „ „ 56 × 69,8
VI. „ „ „ „ „ 56 × 67,2
VII. „ „ „ „ „ 55 × 64,3

Damit ist die Arbeit aber vielfach noch nicht beendigt; denn sobald sehr dünnwandige Rohre zu erzeugen sind, haben noch weitere Kaltzüge zu erfolgen. Diese bedingen aber zwischen je zwei Operationen immer einen Ausglüh- und einen Beizprozeß des Werkstückes, um dadurch die durch die starke

Materialbeanspruchung hervorgerufene Härte wieder zu beseitigen bzw. um die entstandene Oxydschicht zu entfernen. In Frankreich sind es die Compagnie Française des Métaux, ferner La Société des laminoirs de Biache-Saint-Vaast und Les Etablissements Brunon & Co., welche das Stanzverfahren vertreten; in Deutschland sind es hauptsächlich die Deutschen Waffen- und Munitionsfabriken in Karlsruhe, welche das Verfahren in größerm Maßstabe zur Fabrikation von nahtlosen Röhren ausüben. Letzteres Werk hat insbesondere der Erzeugung von Kohlensäureflaschen und ähnlichen Gasbehältern seine Aufmerksamkeit zugewendet.


Abb. 136.

Eine Schwierigkeit, die das Stanzen von nahtlosen Stahlröhren im warmen Preßverfahren gewöhnlich mit sich bringt, ist, daß sich die Werkstücke, sobald sie das 5- bis 6 fache ihres Durchmessers an Länge überschritten haben, nicht mehr gut von den Druckstempeln abziehen lassen und mit ihren innern Wandflächen so dicht an denselben anschrumpfen, daß es oft eines längern Hämmerns und mühseliger Nachhilfearbeiten bedarf, um sie los zu bekommen, wobei dann nicht selten, abgesehen von den störenden Betriebsunterbrechungen, die Rohrkörper verletzt und unbrauchbar gemacht werden. Um sich dagegen zu sichern, wählt man am besten den Dorn etwas konisch, mit dem größten Durchmesser am untern Ende und die Matrize umgekehrt konisch, d. h. mit

dem größten Durchmesser oben bzw. dort, wo das Werkstück eintritt.

Ein andrer noch sicherer Weg ist der, daß man den Zieh- oder Preßstempel, wie dies der Karlsruher Ingenieur Wilhelm Lorenz zuerst einführte, hohl ausbildet und seine zentrale innere Höhlung mit einer Preßwasser- oder Druckluftleitung verbindet, so daß eines dieser Druckmittel bei geöffnetem Zuleitungsventil, wie Abb. 136 veranschaulicht, aus dem Ende des Stempels austreten und sich zwischen diesem und der Wandung des Rohrkörpers einen Austrittsweg suchend, das Rohr vom Stempel ablösen bzw. in geringe Entfernung abrücken kann. Um die Abkühlung des Rohrkörpers nicht zu beschleunigen, wählt man am besten heiße Druckluft. Auch die Einbringung einer explosiblen, elektrisch entzündbaren Patrone in die Stempelhöhlung ist vorgeschlagen worden, dürfte aber wenig empfehlenswert sein.

Neunter Abschnitt.

Das Plattwalzverfahren für Längsrippenrohre.

Schon vor mehr als 50 Jahren (1853) hatte sich der Deutsch-Amerikaner Muntz in Amerika ein Verfahren zur Herstellung von Messingröhren patentieren lassen, bei welchem ein aus einer Komposition von Kupfer und Zink nebst einigen Zutaten (dem sog. Muntzschen Metall) bestehender, gegossener Hohlblock, nachdem er sauber gereinigt und in einer Temperatur von $\sim 100^0$ mit Kalkwasser und Kalk-

milch ausgewaschen worden war, in einem Kaliberwalzwerk flach ausgestreckt und der flache, doppelwandige Streifen (s. Abb. 137, Form 2) dann in einem weitern Walzwerk (Form 5 der Abb.) über die Dornstange *b* in die Form 3 gebracht wurde.

In einem folgenden Walzprozeß versuchte Muntz die Rippen fortzudrücken, um die Rohrform 4 zu erhalten, deren Vervollständigung zu einer kreisrunden Röhre alsdann ein leichtes war.

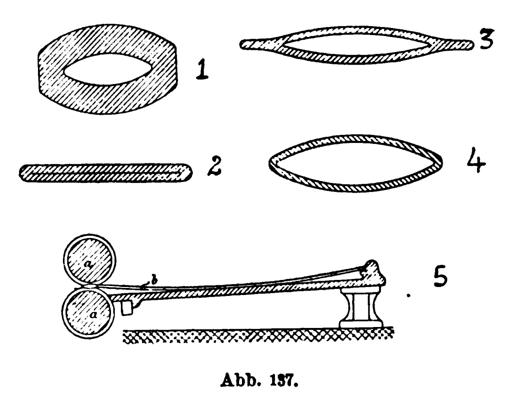


Abb. 137.

Das Verfahren fand damals, wo von den heutigen Arbeitsmethoden noch nichts geahnt wurde und die Ansprüche bei weitem bescheidenere waren, günstige Aufnahme und wurde später verschiedentlich auch auf die Anfertigung kleiner Eisenrohre ausgedehnt, wobei allerdings das Wegdrücken der seitlichen Längsrippen nicht immer ganz nach Wunsch ging.

Elf Jahre später, also 1864, erschien eine weitere amerikanische Patentschrift von Holmes, welche das gleiche Verfahren zum Gegenstand hatte, aber die Herstellung der Hohlblöcke in abweichender Weise

erstrebt. Holms schlug nämlich vor, zu diesem Zwecke um doppelte Eisenbleche Metall zu gießen und ordnete ferner mehrere längliche Löcher nebeneinander an, wie dies in der Abb. 138, Form 1 veranschaulicht ist. Diese Löcher sollten sodann, nachdem das Arbeitsstück platt gewalzt und länger geworden war, durch eine entsprechende Anzahl von Dornen auf einmal aufgeweitet werden. Es entstand also ein ganzes Rohrsystem, welches eventuell in Einzelrohre zerlegt werden konnte.

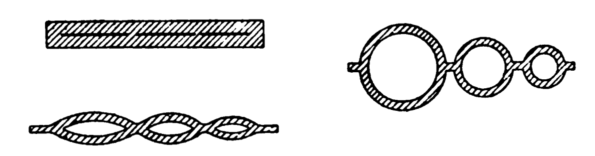


Abb. 138.

Eine weitere Ausbildung des Verfahrens brachte dann im Jahre 1888 der Amerikaner Marshall, welcher die Höhlung des Blockes (und er spricht bereits ausdrücklich von einem gegossenen Eisenhohlkörper), um ein Zusammenkleben oder Aneinanderschweißen der Wände beim Plattwalzen zu verhindern, mit einer feuerbeständigen, pulverförmigen Masse (z. B. Graphit) ausfüllt.

In Deutschland datiert das erste Patent, das ein analoges Verfahren behandelt, aus dem Jahre 1889 und lautet auf den Namen François Garnier in Lyon. Es unterscheidet sich im wesentlichen gar nicht von dem Muntzschen Verfahren, enthält auch die Anweisung, das Metall, wie Holms es schon vorher empfohlen hatte, um ein dünnes Blech zu gießen, und bringt lediglich den einen Neugedanken, das Aufweiten nicht durch Dorn, sondern durch eine eingeleitete, stark gespannte Flüssigkeit zu besorgen.

Natürlich mußte dabei die Fuge an dem einen Längsende der Flachschiene, sei es durch Zusammenschweißen der beiden Formlippen oder auf sonst eine Weise, luftdicht geschlossen werden und das andre Ende aufgeweitet sein, um einen Ansatz für das einzuleitende Druckmittel zu bekommen oder separat einführen zu können.

Die auf die Fuge des hoch erhitzten Werkstückes einwirkenden Druckmittel (eventuell auch Dampf oder Gase) hatten alsdann die Aufgabe, die beiden aufeinanderliegenden Fugenflächen voneinander zu lösen und die Flachschiene zur Gestalt eines Rohres aufzublähen.

Diese Aufweitmethode hat jedoch in dieser Zusammenstellung so viele Unmöglichkeiten und Betriebsschwierigkeiten, daß sie praktisch wohl kaum je zur anstandslosen Ausführung gekommen ist und ebensowenig wie die verwandte Methode des Namensvetters, Alfons Garnier in Paris, aus dem Jahre 1893, ernst zu nehmen ist. Letzterer sucht vor allem den Uebelstand des vorgenannten Verfahrens zu vermeiden, daß das Rohr an den Faltstellen der Fuge Verdickungen erhält (dort außerdem leichter beim Aufblasen reißt [vgl. Abb. 139, Form 1]) und führt zu diesem Zweck in das, in seiner Längsachse etwas eingedrückte Werkstück zwei Stangen ein (Abb. 139, Form 2) und walzt hierauf in einem Walzwerk nach Form 3 das Werkstück zur Form 4 aus, welche in allen Teilen gleiche Wandstärke und keine scharfen Faltränder besitzt. Das Aufweiten geschieht alsdann, wie bei François Garnier erwähnt.

Auch der durch die Erfindung der Dampfturbine nnte schwedische Ingenieur Carl Gustav Patrik val hat sich mit diesem Rohrproblem be-t und in der Mitte der 90er Jahre ein Ver-rdacht, bei welchem der Hohlblock zuerst

platt gewalzt und hiernach hochkant durch ein zweites Walzkaliber geschickt wird, welches eine flache Schiene von der Gestalt der Abb. 139, Form 4 (aber ohne Stangen) daraus formt, die alsdann in einem dritten Walzkaliber kreisrund aufgeweitet wird. Für die Praxis haben alle diese Verfahren keine nachhaltige Bedeutung erlangt, und wenn es auch nicht unmöglich ist, brauchbare Rohre auf diesem Wege herzustellen, so ist es doch schon aus dem Grunde aussichtslos damit zu reüssieren, weil der Fabrikationsprozeß für die normalen Verkaufsdimensionen keinerlei Verbilligung gegenüber den alten Schweißverfahren bedeutet, und anderseits die Rohre niemals den durch Schrägwalzung oder Lochpressung erzeugten nahtlosen Stahlhohlkörpern an Qualität und Widerstandsfähigkeit gleichwertig gemacht werden können.

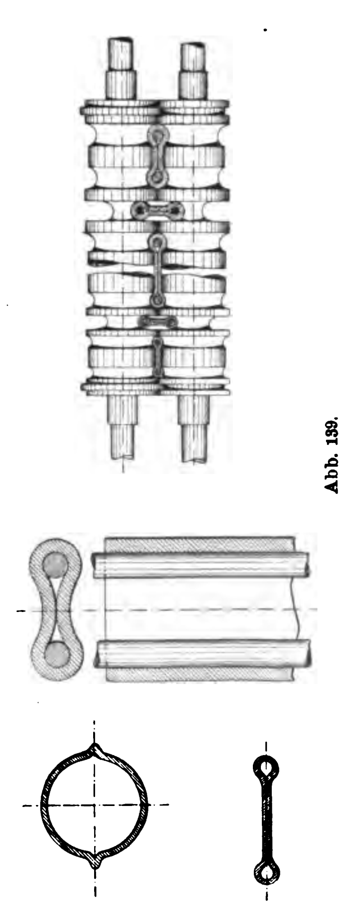


Abb. 139.

Nur dann, wenn es sich um die Herstellung sehr langer oder sehr weiter Rohrkörper handelt, ist die Anwendung der Methode einigermaßen rentabel, und auch dann nur, wenn die Längsrippen, welche durch den Plattwalzprozeß entstehen, nicht durch weitere Walz- oder Ziehoperationen beseitigt werden brauchen. Nun ist es zwar richtig, daß es bei den meisten Dampf-, Gas- und Wasserleitungsröhren gar nicht darauf ankommt, ob der Leitungsstrang äußere Rippen hat oder nicht, da lediglich nur die innere Form maßgebend sein kann; aber schließlich spielt hierbei die gewohnte kreisrunde Außenform doch insofern eine Rolle, als sie eine leichtere Biegung beim Verlegen gestattet, das Einbauen in Kesselstirnwände anders beinahe ganz unmöglich würde, und endlich das Schönheitsgefühl und die Gewohnheit mehr befriedigt.

Anders wird die Sachlage, wenn es sich um sehr weite oder sehr stabile Rohrkörper handelt, die geschweißt und nahtlos gewalzt sehr teuer werden und gewöhnlich hohe Wandstärkeabmessungen bedingen, auch selten in so großen Längen angefertigt werden können wie das Rippenrohr.

Das Mehrgewicht der seitlichen Lappen ist dann nicht ernstlich zu beanstanden, da es bei zylindrischen Röhren meist in den bescheidenen Grenzen von $7\,^1/_2$ bis 15 $^0/_0$ bleibt, die durch die Möglichkeit, geringere Wandstärken zu gestatten, reichlich gedeckt sind. Die diametralen Rippen werden jedoch dann von ganz besonderm Vorteil sein, wenn die Rohrkörper als tragende Säulen und Konstruktionsteile dienen, wo sie bei 8 bis 15 $^0/_0$ Mehrgewicht 25 bis 40 $^0/_0$ mehr Widerstandsfähigkeit gegen Verbiegung aufweisen und häufig eine leichtere und einfachere Befestigung von Konsolen für Lager, Arme u. dgl. erlauben. Insbesondere trifft dies auf Leitungsmaste für Stark- und Schwachstromanlagen



zu, wie sie die elektrischen Straßenbahnen, die Telegraphie usw. erfordern. Aus dieser Erkenntnis heraus haben sich denn auch in Deutschland schon Mitte der neunziger Jahre einige Werke mit der Herstellung von Rohrmasten mit Längsrippen im Großbetrieb beschäftigt. Dabei mußte allerdings von der gleichmäßigen Zylindergestalt abgesehen werden, weil solche Maste nach oben hin geringern Durchmesser verlangen. Ein teleskopartiges Ineinanderschachteln, wie es sonst üblich war (so daß mehrere zylindrische Rohre von $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ m Länge, die in ihren Durchmessern so gewählt wurden, daß der innere Durchmesser des untern Rohres etwas größer war als der äußere Durchmesser des folgenden [═══]), ließ sich nicht anwenden, weil die Rippen dies nicht zuließen; eine teilweise Abarbeitung derselben, oder eine Verbindung durch Flansche, Schellen usw. würde aber wiederum zu teuer geworden sein, so daß man zur konischen Form aus einem Stück die Zuflucht nahm.

Die Herstellung solcher Maste, auf die schon Adolph Hüsener in Duisburg im Jahre 1896 ein deutsches Reichspatent (Nr. 96 787) erhielt, liegt in Deutschland hauptsächlich in den Händen der Continentalen Röhren- und Mastenwerke (von Hiedemann, Itschert & Co.) in Oberhausen, den Duisburger Eisen- und Stahlwerken in Duisburg und der Aktiengesellschaft Emil Bock in Oberkassel bei Düsseldorf.

Vor Hüsener hatte jedoch schon der erfindungsreiche Walzwerkstechniker Otto Klatte, dem so manche wertvolle Walzwerksverbesserung zu danken ist, im Jahre 1887 in Frankreich, Belgien und Luxemburg ein gleiches Verfahren zum Patent angemeldet und geschützt erhalten. In Deutschland wurde ihm der Neuigkeitsgedanke und der Schutz vom Patentamte verweigert, weil Muntz bereits eine analoge Arbeitsweise bekanntgemacht habe. Da

dieser an und für sich berechtigte Einwand für Hüsener ebenso vorhanden sein mußte, ja insofern noch ungünstiger lag, als inzwischen neben den vier letztgenannten auch andre ähnliche Verfahren (z. B. Storthouse Britisch. Pat. 4794 vom Jahre 1893) bekanntgeworden waren, ist die Entscheidung des Patentamtes in dieser Sache nicht ganz klar.

Hüsener verwendet für die Fabrikation konischer Rippenmaste Hohlblöcke, deren Aeußeres parallel-

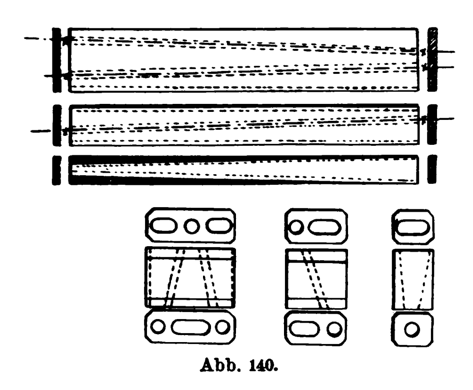


Abb. 140.

epipedische Gestalt besitzt, deren Hohlraum jedoch, wie Abb. 140 zeigt, konisch ausgebildet ist und nur im kleinsten Querschnitt kreisförmig, im übrigen Verlauf oval gewählt ist, mit der Bestimmung, daß die Höhe des Ovals den Kreisöffnungsdurchmesser nirgend überschreitet.

Wird ein solcher Hohlkörper nun auf einem Kaliber- bzw. Universalwalzwerk ausgewalzt, so ergibt sich ein Doppelstreifen, der äußerlich prismatisch, innen aber eine Längsfuge aufweist, die der Verjüngung der ehemaligen Oeffnung des Blockes folgend gleichmäßig konisch verläuft. Schneidet man den in der Form 3 der Abbildung schraffiert

gezeichneten Teil des Doppelstreifens fort, so erhält man eine Flachschiene von paralleler Konizität mit der innern Fuge. Um diesen großen Abfall auf ein geringstes Maß zu beschränken und durch Auswalzen eines einzigen Blockes mehrere derartige Doppelschienen, also eine bedeutend schnellere Fabrikation zu erreichen, empfiehlt es sich, namentlich für kleinere Maste, Hohlblöcke mit zwei oder mehreren Hohlräumen zu wählen und sie gemäß den Schnittlinien $x - x$ (Form 1 und 2 der Abb. 140) in einzelne, innerlich und äußerlich gleichartig konische Hohlstreifen zu zerlegen.

Statt einen äußerlich prismatischen Hohlblock als Ausgangsform zu nehmen, kann man endlich auch

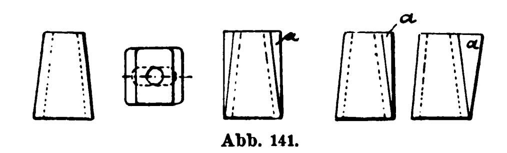


Abb. 141.

einen solchen von abgestumpfter Pyramidengestalt herstellen, dessen äußere Begrenzungsflächen ganz oder ungefähr parallel den nächst gelegenen Begrenzungslinien des konischen Hohlraumes verlaufen. Dieser Hohlblock wird entweder, wie der Erfinder in seiner Patentschrift Nr. 100 645 ausführt, nach seinem bis zum Verschwinden des Loches bewirkten Zusammenpressen oder aber schon im Ursprungszustand durch Keilstücke *a* zu einem Körper von gleicher Breite und an beiden Enden gleicher Höhe zusammengesetzt.

Dieses so gebildete Prisma wird zur Erzielung eines Doppelstreifens im Universalwalzwerk oder in einem andern mit seitlichen Zwangsführungen arbeitenden Walzwerk ausgewalzt, wobei die Keile *a*

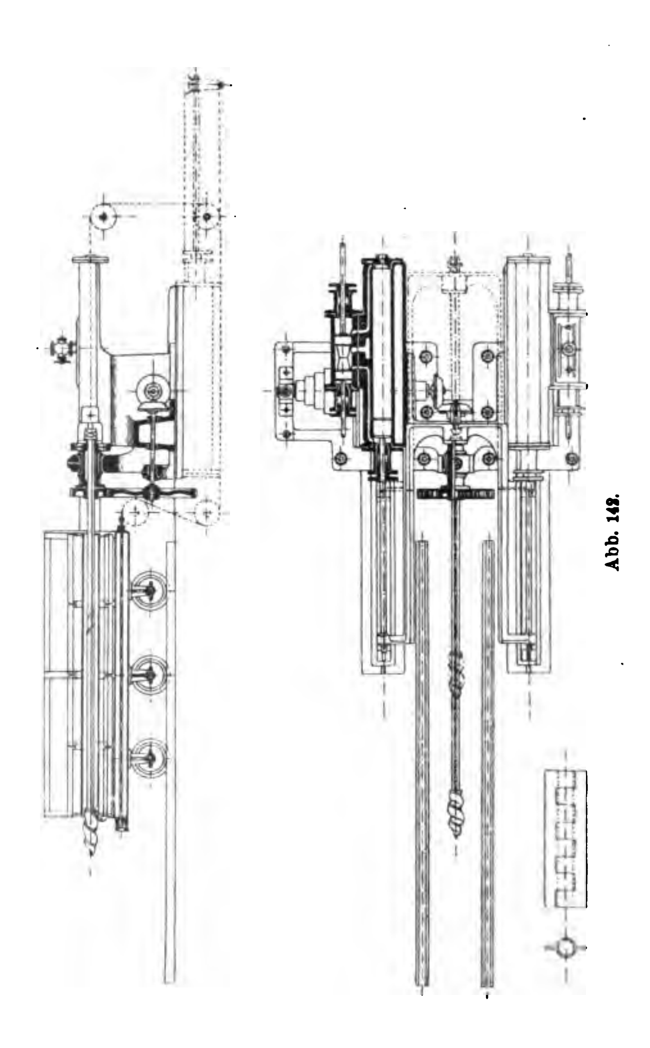


Abb. 142.

im Verein mit den seitlichen Walzführungen während des Walzprozesses verhindern, daß die Seitenflächen und seitlichen Grenzkanten des zu einer Ebene zusammengepreßten Blockloches von der geraden Linie abweichen.

Nach Entfernung der mehr oder minder fest an den Doppelstreifen angepreßten Keilstücke kann die Flachschiene sofort aufgeweitet werden. Zu diesem Zweck empfiehlt sich beispielsweise die in Abb. 142

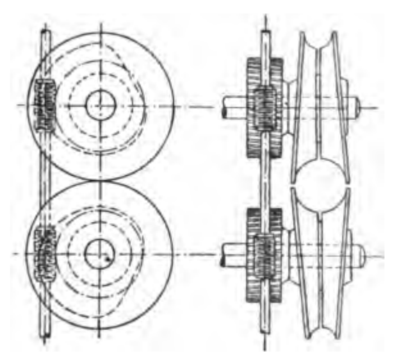


Abb. 143.

dargestellte, von Otto Klatte ersonnene Maschineneinrichtung, die mittels Wasserdruck und Dampf betrieben wird. Sie besteht aus zwei Wasserdruckzylindern, fahrbarem Wagen, worauf die Kaliberformen sich befinden, einem rotierenden Dorn nebst dessen Antrieb, und hat den Vorteil, daß mit fortschreitendem Druck auf den vorwärtsbewegten Dorn der Wagen den halben Weg der Mastlänge dem Dorn entgegenfährt. Abb. 143 zeigt eine andre Aufweitvorrichtung, die darin besteht, daß zwei große Räder während des Ziehens des Mastes, mechanisch durch eine Schneckenvorrichtung getrieben, ein ständig wechselndes Profil einschließen.

Zur Verbilligung der Herstellung kann man, was ja naheliegt, die Keilstücke *a* verbreitern und sie ebenfalls als Hohlblöcke ausbilden, so daß sie dann

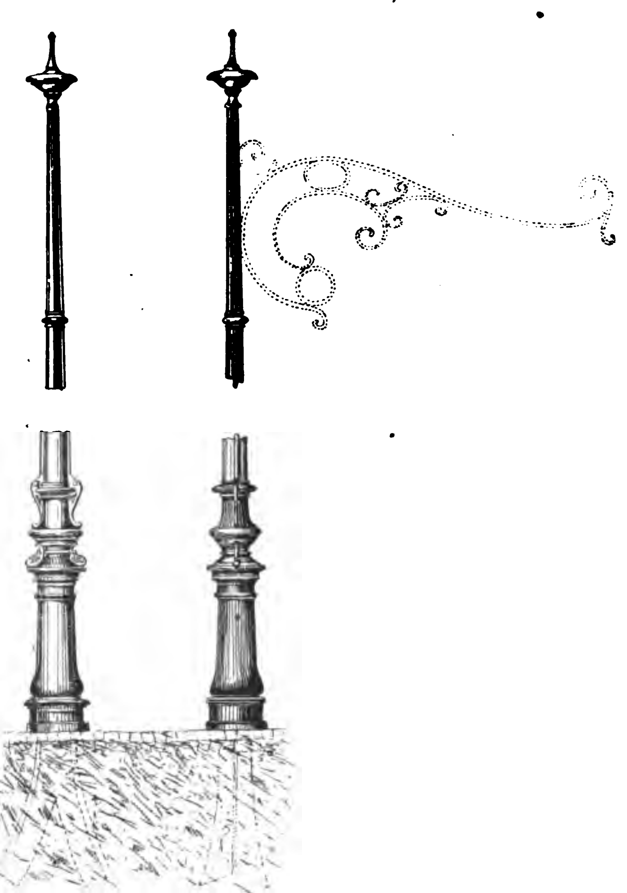


Abb. 144.

ebenfalls zu einem Doppelstreifen verwalzt und später zur Erzielung der Rohrform aufgeweitet werden.

Derartig hergestellte Rippenmaste (s. Abb. 144) haben bei Stabilitätsprüfungen unter Vergleichung gleicher Eigengewichte eine fast doppelt so große Sicherheit gegen Durchbiegen gezeigt als alle andern bisher auf den Markt gebrachten Konkurrenzfabrikate. Beispielsweise betrug die Durchbiegung bei einem 250 kg wiegenden Maste von 9 m Länge, 275 mm unterm und 150 mm oberm Durchmesser, mit $4^1/_2$ mm Wandstärke, trotz einer Belastung von 1100 kg, deren Angriffspunkt sich in einer Höhe von $6^1/_2$ m über dem Erdboden befand (2 m Länge des Mastes war eingegraben), nur 125 mm.

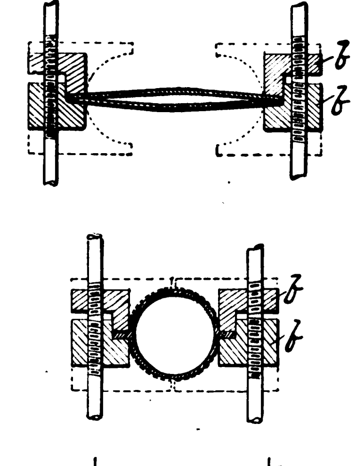


Abb. 145.

Zu dieser ältern Herstellungsweise ist in den letzten Jahren noch eine zweite Fabrikationsmethode hinzugetreten, die ebenfalls die Erzeugung von konischen Rohrmasten mit Längsrippen zum Ziele hat und von dem ehemaligen Direktor der Continentalen Röhren- und Mastenwerke in Oberhausen, Emil Bock, vertreten wird.

Bock wählt als Ausgangsprodukt für seine Fabrikation keinen Hohlblock, sondern zwei keil-

förmig zugeschnittene Blechstreifen, deren Längsränder mit oder ohne Zwischeneinlage *a* (s. Abb. 145) durch Nietung, Schweißung, Falzung oder dgl. verbunden werden. Dieser Blechstreifenkörper wird alsdann mittels passender, am vordern Ende etwas spitz zulaufender Dorne mit kreisrunder, konischer Oeffnung aufgeweitet, wobei das Werkstück sowohl von einem dasselbe ganz umschließenden, mehrteiligen Matrizenpaar als auch durch je zwei, nur die Blechkanten einspannende Backen *b* festgehalten werden kann.

Im letztern Falle bilden die Backen ein mehrteiliges, auf verschiedene Entfernungen einstellbares Matrizenpaar, welches das aufzuweitende Rohrstück nicht ganz, sondern nur teilweise an den die spätern Rippen bildenden Kanten schraubstockartig umspannt und dadurch ein Aufgehen der Naht verhütet.

Gleichzeitig geben sie auch äußerlich in Verbindung mit dem eindringenden Dorn dem Rohrstück die gewünschte Form und Konizität. Um das Eindringen des letztern zu erleichtern, werden die Bleche zweckmäßig schon vor dem Verschweißen oder Verbinden der Längsränder in der Mitte ein wenig gewölbt vorgebogen, so daß die Blechstreifen beim Nähern der verstellbaren Matrizenpaare schon von selbst das Bestreben haben nach oben und unten auseinanderzugehen und der Dorn, mit geringerer Kraft wirkend, lediglich Rundungsarbeit leistet.

Bei langen und stark konischen Masten ist natürlich eine Dornform nicht ausreichend, um die Aufweitung in die gewünschte Endform des Rohrkörpers durchzuführen, und es müssen dann mehrere Dorne nebeneinander (auf einem quer zur Längsrichtung der Dorne verschiebbaren Rahmen) gelagert sein, die von einer Zug- und Druckvorrichtung unter



entsprechender Verschiebung des Rahmens nacheinander in das aufzuweitende, zwischen den Matrizenpaaren liegende Rohr hineingestoßen und aus demselben wieder herausgezogen werden.

Zehnter Abschnitt.

Das Pilgern und Auswalzen von nahtlosen Rohrzylindern.

Mit Ausschluß der in den Abschnitten VIII: Das Stanzen von Röhren und IX: Das Plattwalzverfahren für Längsrippenrohre besprochenen Operationen und Rohrfabrikationsmethoden, handelte es sich bisher stets darum, dickwandige Hohlzylinder von kreisringförmigem Querschnitt herzustellen, die zur Erlangung einer größern Länge und geringern Wand oder zur Herbeiführung eines andern Durchmessers noch weitern Operationen unterworfen werden müssen.

Zwar wurde eine solche Weiteroperation bereits gelegentlich des Mannesmann'schen Schrägwalzverfahrens gestreift, wo davon die Rede war, daß die gelochten Blöcke in einem Scheibenwalzwerk mittels Dorns auf geringere Wand und größern Durchmesser nachgearbeitet werden können (und was vom Mannesmann'schen Schrägwalzwerk gilt, ist in dieser Beziehung auch auf fast alle andern in Abschnitt V erwähnten Schrägwalzmethoden übertragbar); aber einesteils ist eine derartige Bearbeitung der Rohrzylinder mit sehr großem Kraftaufwand und viel Ausschußproduktion verbunden, weil viele Rohre infolge mangelhafter Führung in den Walzen s

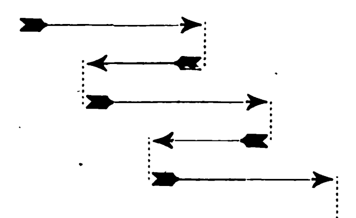
förmige Verdrehungen erleiden, rissig oder nur halb fertig werden, anderseits eignet sich die Operation nur für größere Rohrdurchmesser von mehr als 120 mm.

Das Ziehen dicker Rohrkörper auf dünnere Wand und größere Länge, wie es als letztes Fabrikationsstadium fast überall eingeführt ist, ist aber ebenfalls meist aus ökonomischen Gründen nicht empfehlenswert, und so hat man denn eine Zwischenoperation eingeschaltet, die den Zweck hat, die Rohrluppe oder den Hohlblock bzw. dickwandigen Hohlzylinder, auf ungefähre Fertigdimensionen umzuformen. Das gewöhnliche Kaliberwalzwerk war für diesen Zweck insofern nicht von großer Annehmlichkeit, weil es viele neben- oder hintereinander angeordnete, stets enger werdende Walzkaliber und demgemäß ein mehrmaliges Passieren des Werkstückes seiner ganzen Länge nach durch die Walzen bedingte. Aus dieser wenig günstigen Situation zeigte im Jahre 1891 eine Erfindung des Urhebers der deutschen Schrägwalzmethode, Max Mannesmann, einen willkommenen Ausweg in Gestalt des sogenannten Pilgerwalzwerkes. Zwar muß auch hier wieder gesagt werden, daß das Prinzip desselben schon mehr als vierzig Jahre vorher durch den englischen Rohrfabrikanten und Erfinder Archibald Broomann festgelegt war, aber zu praktisch hoher Bedeutung wurde dasselbe erst durch die Ausbildung von Mannesmann gebracht.

Die Erfindung bezweckt, den Rohrkörper in einem einzigen Walzendurchgang auf jede gewünschte Stärke auszustrecken und erreicht dies dadurch, daß jedesmal nur ein kurzes Stück des Rohres von den Walzen bearbeitet wird, worauf Rohr und Dorn eine Bewegung im entgegengesetzten Sinne erhalten, um dann wieder im Sinne der ersten Verschiebung bewegt zu werden, d. h. mit andern Worten, Rohr und Dorn oder eventuell nur ersteres führen eine

sprunghafte, bald vor, bald zurückweichende Bewegung aus, wie sie durch die Marschweise der Echternacher Prozessionspilger allgemein bekannt ist.

Die Arbeitsstelle am Rohre schreitet also gewissermaßen, bevor sie einen Schritt vorwärts gelangt, einen Teilschritt zurück, wie dies die untenstehende Skizze erkennen läßt, wobei natürlich die einzelnen Bewegungslinien sich teilweise deckend gedacht werden müssen.



In der Abb. 146 ist das Schema eines solchen Pilgerschritt-Walzwerkes mit exzentrischen Kaliberwalzen zur Darstellung gebracht.

Die in geeigneter Weise gelagerten und angetriebenen Walzen *A* und *B* drehen sich beständig in der Richtung der Pfeile 1 und 2 und besitzen außer der Kalibrierung, die durch Abb. 147 veranschaulicht wird, Abflachungen *a*, welche den Rückgang des Werkstückes *W* gestatten, wenn dasselbe in eine neue Anfangslage für den Angriff der Walzen gebracht werden muß, wie dies in der Zeichnung links angenommen ist. Das auf dem Dorn *D* befindliche Werkstück ist in der Richtung des Pfeiles den beiden Walzen soweit genähert (Vorwärtsbewegung), daß sein vorderes Ende von den Walzen erfaßt und in der aus der Skizze rechts ersichtlichen Weise bearbeitet wird. Hierbei erhält der Dorn *D* zweckmäßig aber nicht notwendig eine kleinere Verschiebung als das Werkstück *W*. Durch das Auswalzen wird das vordere Ende des Werkstückes

entsprechend der Kalibrierung der Walzen *A* und *B* gestreckt, bis die Abflachungen *a* der Walzen beginnen, sich einander gegenüber zu stellen. Der Angriff der Walzen hört in diesem Augenblicke auf

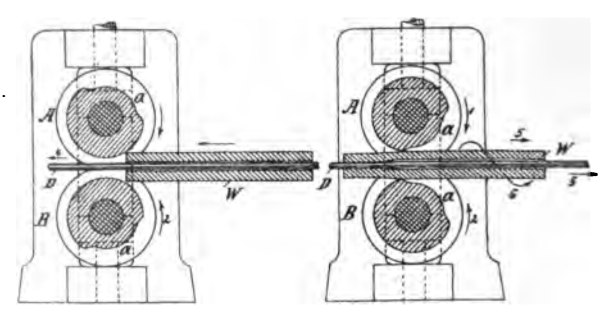


Abb. 146.

und das Werkstück *W* nebst Dorn *D* können nunmehr wieder im Sinne der Pfeile 5 zurückbewegt werden (Rückwärtsbewegung), da das Werkstück von den Walzen vollkommen freigegeben ist. Während dieser Rückwärtsbewegung erfolgt gleichzeitig eine Drehung des Werkstückes mit Dorn um dessen Längsachse in der Richtung des Pfeiles 6, so daß beim nächsten Angriff der Walzen andre Teile des Rohrquerschnittes zur Bearbeitung gelangen. Die Ausdehnung der Abflachungen *a* der Walzen ist der Rückwärtsbewegung des Werkstückes entsprechend derart bemessen, daß letztere Bewegung durch die Drehung der Walzen nicht gestört wird. Da ferner das Werkstück während dieser Rückwärtsbewegung sich frei zwischen die Walzen hindurch bewegt, so

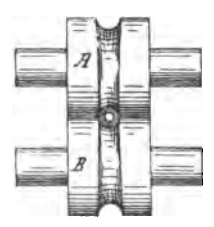


Abb. 147.

folgt, daß es in der Richtung seiner Längsachse geeignet geführt und gestützt werden muß. Nach Beendigung der Rückwärtsbewegung des Werkstückes kann ein neuer Angriff der Walzen erfolgen, durch den dann eine weitere Streckung des Rohres herbeigeführt wird, bis die Walzen sich wieder soweit gedreht haben, daß die Abflachungen *a* einander zugekehrt sind. Während dieses Teiles der Drehung der Walzen kann dann wieder das Werkstück zurückbewegt und um seine Längsachse gedreht werden, so daß es in die für einen erneuten Angriff der Walzen geeignete Lage gelangt. Wie ersichtlich, wird das Werkstück bei jedem weitern Angriff der Walzen an einer andern Stelle erfaßt. Ist das Auswalzen schließlich soweit fortgeschritten, daß die Walzen an der engsten Stelle ihrer Kalibrierung auf das Werkstück einwirken können, so ist eine weitere Verkleinerung des Querschnittes jenes Teiles des Werkstückes ausgeschlossen, so daß beim folgenden Auswalzen des hinter jener Stelle liegenden, stärkern Teiles des Werkstückes der äußere Durchmesser hier nicht mehr verkleinert und das vordere Rohrende zylindrisch wird. Die folgende Rückwärtsbewegung des Werkstückes ist demgemäß derart zu bemessen, daß das Werkstück nur soweit zurückbewegt wird, daß der konische Teil desselben von den Walzen beim folgenden Angriff erfaßt wird, während das zylindrische Ende des Rohres zwischen den Walzen verbleibt. Von nun an wird bei jedem Angriff der Walzen der zylindrische Teil des Werkstückes länger werden und da, wie vorhin ausgeführt, die Vorwärtsbewegung des Werkstückes stets größer ist als die des Dornes, so folgt, daß das Werkstück nach und nach von den Walzen über den Dorn hinweggezogen wird.

Da die Walzen nur während eines Teiles ihrer Drehung auf das Werkstück einwirken, so ergibt

sich, daß es keineswegs erforderlich ist, dieselben ganze Umdrehungen ausführen zu lassen, sondern daß man den Walzen auch Kehrdrehungen geben, d. h. sie hin- und herschwingen lassen kann, wobei dann noch die Einrichtung so getroffen werden kann, daß sowohl bei der Vorwärtsbewegung als auch bei der Rückwärtsbewegung des Werkstückes die Walzen zum Angriff kommen, mithin eine erheblich schnellere Arbeitsweise gesichert wird (Abb. 148).

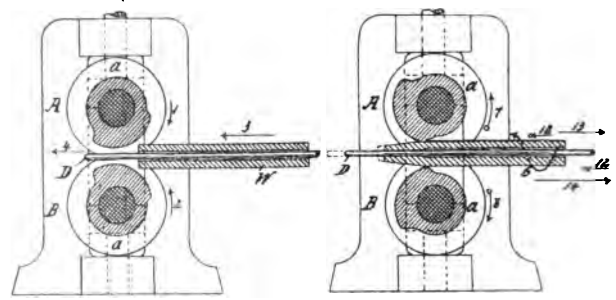


Abb. 148.

Es ist hierbei nicht nötig, die Walzen als volle Zylinderstücke zu formen, sondern es genügt vollkommen, wenn man sie segmentförmig herstellt, also die Zylinder nur soweit ausbildet, als sie bei den Kehrdrehungen aufeinanderrollen. Aehnlich wie beim gewöhnlichen Stabwalzwerk, können auch beim Pilgerwalzwerk auf denselben Walzkörpern mehrere Kaliber nebeneinander angebracht werden, in denen gleichzeitig oder abwechselnd gearbeitet wird. Dabei ist es vorteilhaft, die Arbeitsstelle des einen Kalibers neben der Abflachung oder Ruhestelle des benachbarten Kalibers anzuordnen, so daß in dem einen Kaliber ein Werkstück bearbeitet wird, während in dem benachbarten Kaliber die Abflachung des betreffenden Werkstückes sich frei bewegen läßt.

Wie bereits angedeutet worden ist, ist es bei den Pilgerwalzwerken nötig, die Führung und Bewegung des Werkstückes und des Dornes während der Walzperiode zwangsläufig herbeizuführen. Die hierzu erforderlichen Mittel und konstruktiven Einrichtungen, von denen im Laufe der letzten Jahre eine große Zahl ersonnen und erprobt worden ist, können hier, des eng bemessenen Raumes wegen, nicht näher besprochen werden, sollen aber in einem zweiten Bande dieser Büchersammlung, der lediglich das Auswalzen, Ziehen und Kalibrieren nahtloser Rohre behandeln wird, eine ausführliche Darstellung finden.

Hier sei nur eine, wenn auch bereits überlebte und kaum noch angewandte, so doch ohne weiteres verständliche und sehr einfache Ausführungsform mittels Differentialhebels, d. h. Hebel von ungleicher Länge als Beispiel in Abb. 149 angeführt. Die Zeichnung und Beschreibung ist dem Hauptpatente Nr. 58 762 entnommen und zeigt das Werkstück W an seinem vordern Ende mit einer Angel a^2 verbunden, die entweder unmittelbar angeschmiedet sein kann, oder vorteilhafter zangenartig ausgebildet ist, so daß sie sich am vordern Ende des Werkstückes befestigen läßt, nachdem dasselbe zwischen die Walzen hindurch gesteckt ist.

Der Zapfen b^2 der Angel ist drehbar im Schlosse d^2 gelagert, so daß eine Drehung des Werkstückes ermöglicht ist, ohne daß das Schloß an dieser Drehung teilnimmt. Mit dem Schlosse d^2 ist die mit Schaltzähnen versehene Stange F^2 verbunden, welche durch einen Schlitz des Hebels h^2 reicht, und von letzterm, durch Vermittlung einer Schaltklinke g^2, im Sinne des Pfeiles mitgenommen werden kann. Der Hebel h^2 ist um k^2 drehbar und wird, durch den Kurbelstift i^2 der Scheibe l^2 in schwingende Bewegung gesetzt. Diese Bewegung

wird durch Vermittlung einer Stange m^2 auf einen zweiten Hebel p^2 übertragen, der auf der andern Seite des Walzwerkes um q^2 drehbar gelagert ist, und dem Dorn D die erforderliche Bewegung zu erteilen hat, der zu diesem Zwecke durch Vermittlung einer Muffe O^2 drehbar mit dem Hebel p^2 verbunden ist. Der Angriffspunkt der Stange m^2 am Hebel h^2 kann mittels Schraube r verlegt werden, so daß man imstande ist, nach Bedarf, das Verhältnis der Wege von Dorn und Werkstück zu verändern. Die Kurbelscheibe l^2 ist so eingerichtet,

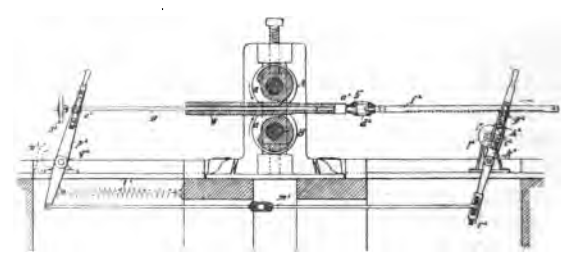


Abb. 149.

daß sie die Hebel h^2 und p^2 nach links auszuschwingen veranlaßt, sobald die Abflachungen a der Walzen AB das Werkstück freigeben. Die Drehung desselben erfolgt hierbei mittels des am Dorn D sitzenden Grundrades s^2. Die Verbindung der Schaltzahnstange F^2 mit dem Hebel h^2 durch die Klinke g^2 ermöglicht es, daß das Werkstück durch den Einfluß der Walzen AB entsprechend vorbewegt wird, ohne daß der durch die Kurbelscheibe l^2 bewegte Hebel h^2 an dieser Bewegung Teil nimmt. Demgemäß wird beim Auswalzen des Rohres stets der Dorn D dieselbe Hin- und Herbewegung ausführen, während das Werkstück sich unter Einwirkung der Walzen weiter vor und, entsprechend

den Hebellängen, wieder zurückbewegt, also die Pilgerschrittbewegung ausführt. Es erfolgt somit während der Arbeitszeit, d. h. während des Angriffs der Walzen durch die verzögerte Bewegung des Dornes, ein selbsttätiges Abziehen und Lösen des Werkstückes vom Dorn.

Wählt man die Hebellängen derart, daß bei der Rückwärtsbewegung der Dorn D sich schneller nach links bewegt als die Schaltstange F^2, so tritt während der Rückwärtsbewegung des Werkstückes eine Lösung des letztern vom Dorn ein. Will man lediglich während der Arbeitsbewegung ein Abziehen des Werkstückes vom Dorn herbeiführen, so könnte auch einfach, wie punktiert angedeutet, eine Feder t^2 benutzt werden, welche beim Auswalzen angespannt wird und wobei, infolge verschiedener Hebellänge, während des Angreifens der Walzen eine entsprechende Verzögerung der Dornbewegung veranlaßt wird. Die Rückwärtsbewegung des Hebels p^2 wird dann durch die gespannte Feder t^2 bewirkt und muß durch einen, gleichfalls punktiert angedeuteten, Anschlag w^2 begrenzt werden. In diesem Falle kann die Feder t^2 auch direkt auf den Dorn einwirken. Anstatt durch Hebel von verschiedener Länge kann man auch durch Zahnräder verschiedener Größe, durch hydraulische Kolben und andere Mittel die gewünschten Differentialbewegungen des Dornes und des Rohrstückes herbeiführen und zahlreiche, zum Teil sehr vollkommene, Lösungen dieses für die Durchführung des Pilgerwalzverfahrens äußerst wichtigen Problems sind in der Tat versucht worden und in Anwendung.

Außer den Pilgerwalzwerken mit feststehendem Walzengestell (und hierzu sind auch die von Mannesmann erfundenen Pilgerwalzwerke mit planetenförmiger Bewegung zu zählen, bei welchen die Walzachsen, Zylinder, Kegel oder Hyperboloide um eine

Abb. 150.

zweite Achse beschreiben) ist von demselben Erfinder auch eine Konstruktion ersonnen worden, bei der die pilgerschrittförmige Relativbewegung der Arbeitsflächen der Walzen gegen das Werkstück zum Teil durch Verschiebung der Walzen bzw. des Walzengerüstes bewirkt wird, das Werkstück also stillstehen oder sich bewegen kann, wie dies aus den der Deutschen Patentschrift Nr. 86 162 entnommenen Abb. 150 und 151 hervorgeht. Bei der Abb. 150 ruht das Walzengerüst *b* auf einem Schlitten *i* und wird durch eine Pleuelstange *d* und eine Kurbelachse *c* hin- und hergeschoben. Hierbei rollen auf den Walzen befestigte Zahnräder *e* an feststehenden Zahnstangen *h*, so daß bei der Verschiebung des Gerüstes die Walzen sich drehen.

In der Patentschrift sind noch zahlreiche andre Ausführungsarten und Kombinationen desselben Grundgedankens dargestellt und erläutert.

Ein ähnliches Arbeitsverfahren, bei welchem der Rohrblock ebenfalls von zwei stetig sich drehenden, aber nur auf einen Teil ihres Umfanges mit eigentlichen Kaliberfurchen versehenen Walzen bearbeitet wird, ist in England von W. Pilkington in Sandfields bei Birmingham konstruiert worden, jedoch mit dem Unterschiede, daß die Rückbeförderung des Rohrstückes während der Freigebung durch die Arbeitswalzen, vermittels des Walzdornes, unter Einwirkung von zwei weitern Walzen stattfindet, die durch Exzenter, welche von den Arbeitswalzen betätigt sind, hin und hergeschwungen werden. Damit hierbei auch eine geringe Drehung des Dornes und des Rohrblockes, d. h. eine allseitige Bearbeitung desselben gewährleistet ist, sind die Transportwalzen gegeneinander etwas verschränkt angeordnet.

Neben den Walzwerken mit Pilgerschrittbewegung sind für die Streckung und Dünnerwalzung der Rohrluppen auch vielfach solche Walzwerke im Ge-

brauch, die nur Arbeits- und keine Leerlaufkaliber besitzen, also analog dem gewöhnlichen Rohrkaliberwalzwerk, wie es in Abschnitt 1 dieses Bändchens beschrieben und in Tafel II dargestellt ist, wirken.

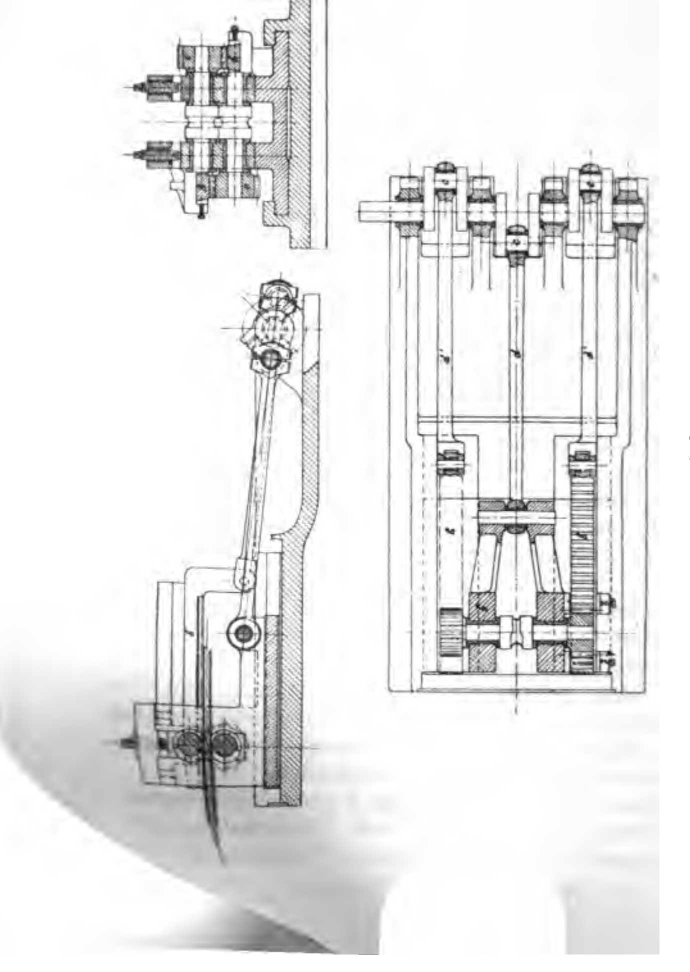


Abb. 151.

Weil jedoch die nahtlosen Rohrluppen eine bei weitem größere Wandstärke haben als die aus Blechstreifen vorgerundeten Werkstücke des Schweißrohrwalzwerkes, und ein Kaliber selbstredend nicht für die zu leistende Formveränderungsarbeit an dem Werkstücke ausreicht, so bedarf es vieler Walzdurchgänge durch verschieden weite Kaliberfurchen, um dem Rohrzylinder die ungefähre Endgestalt zu geben. Würde man die dazu erforderlichen Walzwerke als einkalibrige ausbilden, so entstände eine ganze Kolonne von solchen Anlagen und eine Werkseinrichtung, die nicht nur beträchtlichen Raum beanspruchte, sondern auch sehr kostspielig in der Anschaffung und Unterhaltung ausfiele, abgesehen davon, daß mit dem Werkstücke dann große Wege zurückgelegt werden müßten, auf denen es erkaltete und zur Weiterverarbeitung ungeeigneter würde.

Man hat daher solche Walzwerke so ausgebildet, daß die Walzenzylinder mehrere Kaliber nebeneinander aufweisen oder nach Art der Triowalzwerke übereinander angeordnet sind, welch letztere Art den Vorteil hat, daß die Rohre auch auf dem Rückgang gestreckt werden können. Ein Walzwerk dieser Kategorie ist in Abb. 152 dargestellt und von Julius Riemer in Düsseldorf konstruiert worden.

In den Kalibern des Triogerüstes liegen zwei in der Mitte geteilte Dorne, welche an ihren hintern Enden leicht lösbar festgehalten werden. Das rohrförmige Werkstück *A* wird zunächst in einem Schweiß- oder Wärmeofen von üblicher Bauart, bis zum Stadium heller Weißglut erhitzt und sodann über den Teil I der ersten Stange *a* geschoben. Diese Stange besitzt an einem Ende eine Verstärkung (Kaliberstopfen), welche zwischen die Walzen gebracht wird und das betreffende Kaliber so ausfüllt, daß ein ringförmiger freier Raum für den Durchgang des Werkstückes verbleibt. Der Dorn wird hierbei

Abb. 153.

so weit vorgeschoben, daß er mit seiner größten Dicke etwas über die Mittellinie der Walzen hinausreicht. Die Stange *a* besitzt an ihrem Ende einen festen Bund, mit welchem sie an einem Querbalken *d* ihr Widerlager findet.

Der Teil II der Stange *a* ist gleichfalls mit einer Verstärkung und mit einem festen Bund ausgerüstet und wird gleichzeitig mit dem Teil I zwischen die Walzen gebracht, wobei die Köpfe der beiden Kaliberstopfenteile, um gegen Verschiebung und Exzentrizität gesichert zu sein, mittels Zapfen zusammengekuppelt werden.

Bei dieser geschlossenen Stellung der Dornstange *a* wird das vorher aufgebrachte schweißwarme Arbeitsstück *A*, den Teil I entlang, den Walzen zugeführt und von diesen über den Dorn hinweggezogen und auf den Teil II geschoben. Während des ersten Durchganges durch die Walzen wird ein größtmöglicher, dem Material, Kaliber und Wärmegrad entsprechender Druck gegeben und die erste Streckung des Hohlblockzylinders bewirkt.

Hiernach wird der Teil II der Stange *a* mitsamt dem darauf übergegangenen Walzgut behufs weiterer Streckung aus seiner Lage ausgehoben, mit seinem Dorn in das zweite Walzkaliber, d. h. zwischen Mittelwalze und Unterwalze, gebracht und hier dem Dorn des Stangenteiles III entgegengestellt bzw. mit demselben verkuppelt. Der Stangenteil II bildet dann mit dem Stangenteil III die zweite zweiteilige Dornstange *b*. Das Walzgut wird nun der Kaliberöffnung zwischen Mittel- und Unterwalze entgegengeschoben, erhält von denselben den zweiten Formgebungsstich und geht dabei auf den ersten Teil III der Stange *b* über.

Sodann wird der Teil III der Stange *b* mitsamt dem Walzgut aus seiner Lage gehoben und dem Stangenteil IV (siehe untere Figur der Abb. 152)

entgegengestellt, so daß die beiden Teile III und IV die dritte zweiteilige Dornstange *c* darstellen. Die beiden Dornkopf- oder Stopfenhälften finden, wie vorher, ihren Platz zwischen dem dritten Kaliber der Walzen, und das Walzgut erhält den dritten Stich, wobei es auf den Teil IV der Stange *c* übergeht, um von da in gleicher Weise durch die Walzen und über die folgenden Dorne von einer Stange zur andern überzugehen, bis das ursprünglich kurze, starkwandige Zylinderstück *A* in ein Rohr von gewünschter Länge, Durchmesser und Wandstärke umgewandelt ist.

Aus dem in den Abbildungen durch Pfeile angedeuteten Gange des Walzgutes ist ersichtlich, daß die wirkenden Dornstangenteile I, II, III auf Zug beansprucht werden, und es sind hier die Längen der Stangenteile so bemessen, daß die Bunde bei richtiger Lage der Dorne zwischen den Walzen sich von außen gegen die Querbalken der Böcke *D* und *E* fest anlegen. Gleichzeitig legen sich die Bunde der je entgegengestellten Stangenteile II, III, IV von innen gegen Querbalken derselben Böcke und sichern so die unverrückbare Lage der Dornstangenteile zueinander und zu den Walzkalibern während des Walzens.

Als Beispiel eines Walzwerkes mit nebeneinanderliegenden Kalibern sei auf Abb. 153 verwiesen. Bei diesem Walzwerke sind an den beiden Walzenständern *G*, auf der Eintrittsseite des Werkstückes, starke Stehbolzen *B* befestigt, die an ihrem entgegengesetzten Ende eine Traverse *T* tragen. In dieser sind auf der obern Seite, den einzelnen Rundkalibern der Walzen gegenüber, Schlitze vorgesehen, in welche die Dornstangen *D* eingelegt werden. Letztere tragen an den in die Walzenkaliber hineinragenden Enden die eigentlichen Dorne, während an den entgegengesetzten T   tze angeschmiedet

sind, mit denen die Dornstange in der Traverse gegen die Zugwirkung nach den Walzen hin festgehalten werden. Zum Auswalzen wird das hellrot erwärmte Rohrstück bei T über die erste Dornstange geschoben, nachdem diese mit dem Bundende

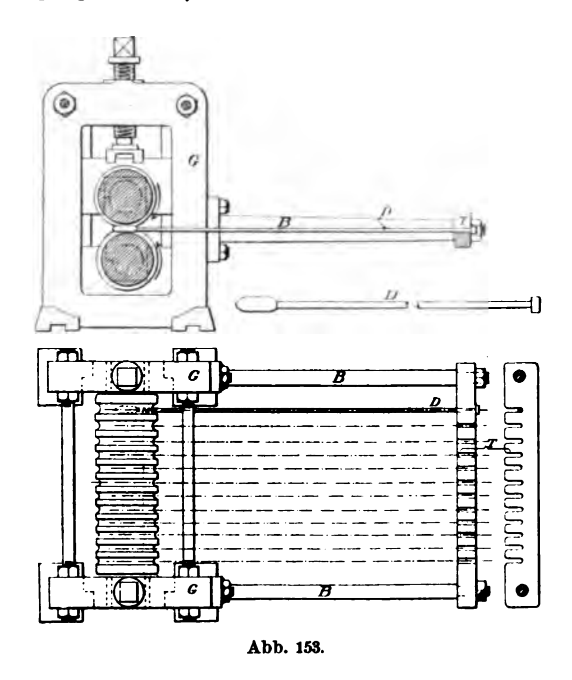


Abb. 153.

aus der Traverse herausgehoben worden ist. Nach dem Wiedereinlegen der Dornstange in die Traverse schiebt man das Rohrstück auf der Dornstange entlang, bis es von den Walzen erfaßt und durch diese über den Dorn hinweggezogen wird. Nunmehr wird dasselbe Rohrstück auf die zweite Dornstange gebracht, deren Dorn um ein geringes schwächer ist

als der der ersten und welche das Rohr in das zweite, etwas kleinere Kaliber der Walzen gelangen läßt. In gleicher Weise wird nach dem zweiten, dritten usw. Stiche verfahren. Runde Hohlblöcke von ca. 80 mm äußerm und 50 mm innerm Durchmesser und etwa $^1/_2$ m Länge werden so in drei bis vier Hitzen zu $2^1/_2$ m langen Rohren von etwa 40 mm äußerm Durchmesser und 3 bis 4 mm Wandstärke ausgewalzt.

Eine andre in Deutschland benutzte Walzwerkskonstruktion, wie im Stahlwerke Styria der Firma Gebr. Böhler & Co. in Ratibor im Betrieb ist, zeigt Abb. 154, nach dem D. R.-P. Nr. 79 713 von Carl Gustav Larson in Sandviken. Die Einrichtung kennzeichnet sich insonderheit durch eine eigenartige Stütz- und Führungsvorrichtung der Dornstange, welche den Zweck hat, eine Durchbiegung derselben infolge des von den Walzen ausgeübten Druckes zu verhindern.

Die Stützvorrichtung ist derart, daß sie, solange die Dornstange kein Rohr trägt, diese selbst gegen seitliche Ausbiegung schützt. Schiebt sich ein Rohr gegen die Dornstange, so hört die unmittelbare Einwirkung der Stützvorrichtung auf die Dornstange selbsttätig auf; dadurch wird dann das Rohr seinerseits und damit natürlich auch die Dornstange mittelbar gestützt.

Die Stützvorrichtung zerfällt in zwei gesonderte Stützen oder Stützgruppen, welche die Dornstange und die über dieselbe hinweggleitenden Rohre von unten nach oben umfassen. Die obern Stützen für die Dornstangen sind aus längs der Dornstange angebrachten Rädern *h* gebildet, die ihrerseits längs der oberhalb der Dornstangen und quer über diesen angeordneten Wellen *i* verschoben werden können. Damit die Räder immer in einer Linie stehen und gleichzeitig von der ein[illegible]nge nach der

Abb. 144.

andern verschoben werden können, ist ein Seitenstück b auf jeder Seite derselben angebracht. Die Seitenstücke sind auf die mittlere Welle i geschoben und mittels Bolzen a vereinigt, während Ketten g, die um an den Seiten des Walzwerkes gelagerte Scheiben k herumgehen, mit den Seitenstücken b verbunden sind. Die Scheiben k werden mittels des Handrades l gedreht, welches durch Räder mit der Welle m in Verbindung steht, die für zwei der genannten auf jeder Seite des Walzwerkes befindlichen Scheiben k gemeinsam sind.

Die Räder h sind an einer Stelle des Umkreises mit einem Daumen oder einer Kante d und an einer andern Stelle mit einem Absatz oder Vorsprung e versehen. Wenn das Rad sich mit dem letztgenannten Vorsprung gegen einen festen Anschlag, z. B. den Bolzen a stützt, steht der Kamm d desselben gerade über der Dornstange und stützt sich gegen diese. Unterhalb der Dornstangen befinden sich ebenso viele Wellen o, als Räder h usw. angewendet sind. Jeder diese Wellen trägt ebenso viele Stützen f, als Dornstangen vorhanden sind. In Abb. 2 ist nur ein Teil dieser Stützen gezeichnet; dieselben können mit Radsektoren verglichen werden, die mit einer Nut an dem Umfange für die Umfassung der Dornstange, mit einem die Nut überragenden Kamm n und einem Gegengewicht p versehen sind; diese Gegengewichte halten die Sektoren gewöhnlich in einer solchen Lage, daß deren Kämme vertikal über den Wellen o und gerade den Kammern d gegenüberstehen; dementsprechend hat jede Dornstange von oben, von den Seiten und von unten Stützen, und zwar an drei Stellen ihrer Länge. Es ist selbstverständlich, daß sie in derselben Weise, je nach ihrer Länge, noch an mehreren Stellen unterstützt werden kann. Wenn das Rohr sich auf die Dornstange an[illegible]ifft es die

Kämme *d* und *n*. Die Räder *h* werden sich dann das eine nach dem andern, in der Richtung des Pfeiles *g* drehen, während die untern Stützen in die durch die Abb. 1 bezeichnete Lage gebracht werden. Das Rohr und die Dornstange werden fortwährend von oben durch die Räder, seitlich und von unten durch die Sektoren gestützt, in deren Nuten sie verbleiben. Nachdem das Rohr durch die Walzen gegangen ist, wird das Handrad *l* gedreht, so daß die Räder um ein Walzenkaliber nach der Seite gebracht werden, also gerade oberhalb der nächsten Dornstange zu stehen kommen. Sobald sie frei sind, drehen sie sich selbst in einer dem Pfeile *g* entgegengesetzten Richtung, so daß der Kamm *d* sich gegen die betreffende Dornstange anlegt und diese stützt, wie vorher beschrieben. Das zuletzt gewalzte Rohr kann, ohne durch die Räder *h* behindert zu sein, von der Dornstange genommen werden, worauf die betreffenden untern Stützen ihre senkrechte Lage wieder einnehmen. Die Winkeleisen *r* dienen als Anschlag für die untern Stützen. Die Form dieser letztern unterscheidet sich zwar in der Zeichnung von derjenigen der obern Stützen *h*, dieselben können jedoch auch vollständige Räder wie diese bilden. Ferner können auch die obern Räder bei hinreichender Größe eine Segmentform haben.

Elfter Abschnitt.

Das Ziehen der Rohre.

Beim Ziehen der Rohre unterscheidet man im wesentlichen zwei Methoden, das Warmziehen und das Kaltziehen.

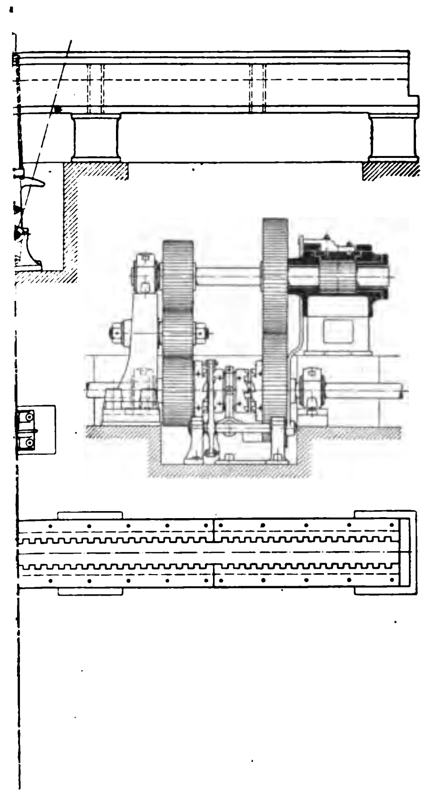
Ersteres bezweckt eine Streckung und Wandstärkenverminderung, dient also hauptsächlich als Ersatz für das Auswalzen der Hohlkörper, letzteres hat vorzugsweise die Glättung und genaue Kalibrierung der Durchmesser zu besorgen, obwohl es auch für sehr dünne Stahlrohre, die beim Warmziehen, infolge ihrer geringen Wandstärke, fest auf den Ziehdorn aufschrumpfen würden und kaum ohne Zerstörung oder Formveränderung davon abgelöst werden könnten, zur Streckung benutzt wird. Endlich spielt das Kaltziehen auch als Mittel zur Verdichtung des Materialgefüges eine Rolle.

Zur Veranschaulichung der ersten Methode, also des Warmziehens, sei beispielsweise ein nach dem Ehrhardtverfahren gelochter Hohlblock von ca. 60 mm innerm und 110 mm äußerm Durchmesser und 350 mm Länge zu einem Rohre von ungefähr 3 bis $3^1/_2$ m auszuziehen. Daß diese Arbeit nicht in einem einzigen Zug geleistet werden kann, ebenso wenig wie dies, abgesehen von Pilgerwalzverfahren, in einem Walzkaliber zu erreichen war, liegt auf der Hand. Es sind vielmehr 4—5 Züge dazu erforderlich.

Zum ersten Zug genügt gewöhnlich noch die Hitze des Lochprozesses, da es für die Materialverarbeitung besser ist, wenn das Werkstück nicht allzu heiß ist. Als praktisches Erkennungsmittel dient bei der Beurteilung des richtigen Wärmegrades gewöhnlich die Forderung, daß der Zunder, d. h. die durch Oxydationswirkung der kalten Außenluft sich auf der Oberfläche des Werkstückes bildenden Schuppen, noch kleben bleibt.

Man zieht zuerst über einen Dorn, dessen vorderer Teil etwa 2 m lang und 60 mm stark ist (das vordere Ende abgerundet, und um ca. 1 mm schwächer), und verwendet als Kaliber 8—10 sauber ausgeschliffene Hartgußscheiben mit kreisrunder Bohrung,

die in geringem Abstande voneinander in zahnartigen Rinnen der Ziehbankwände niedergelegten



erste und zweite Zug am teuersten, weil hierbei mit

Ersteres bezweckt eine Streckung und Wand-

...nd verwendet ... 8—10 sauber ausge-
...liffene Har... mit kreisrunder Bohrung,

die in geringem Abstande voneinander in zahnartigen Rinnen der seitlichen Ziehbankwände niedergelassen sind und deren Bohrung sukzessive etwas kleiner wird (vgl. Tafel III). Der Hohlblock wird dadurch um über das Doppelte seiner ursprünglichen Länge, auf ca. 750 mm Länge und 80 mm Durchmesser, gestreckt, behält aber seinen Boden, welcher vorteilhaft unter einem Lufthammer von ca. 350 mm Kurbelradius und 250 Schlag pro Minute, zu einer spitzen Angel ausgeschmiedet wird.

Beim zweiten Zug, vor welchem das mittlerweile kalt gewordene Werkstück in einem Wärmeofen neu erhitzt werden muß, genügen 4—5 Kaliberringe zur Streckung auf ungefähr 1700 mm Länge und 65 mm Außendurchmesser.

Der hierfür benutzte Dorn hat eine Länge von 2 m und 57 mm Stärke (an der Spitze 56—56$^1/_2$ mm).

Nach erneuter Anwärmung gelangt das Werkstück beim dritten Zug durch drei knapp hintereinander aufgestellte, noch engere Kaliberringe zu den Abmessungen 2500 mm Länge, 58 mm äußerer Durchmesser und ca. 4 mm Wand. Von da ab kann man das Rohrstück, dessen letzter Ziehdorn über 4 m lang war und ca. 51 mm Durchmesser hatte (die Spitze ist gewöhnlich, um das Rohr leichter abziehen zu können, auf 1 m Länge, um 1 mm verjüngt), bereits der Kaltziehbank zur weitern Bearbeitung übergeben, jedoch ist es meist üblich, noch einen 4. und 5. Warmzug vorzunehmen, weil dieselben bedeutend billiger kommen als die Kaltzüge (denen stets ein Ausglühen und Beizen voranzugehen hat). In diesem 4. und 5. Zuge wird das Rohr auf ca. 3$^1/_2$ m gestreckt und bis auf 3 und 2$^1/_2$ mm Wandstärke verdünnt.

Die Kosten des Warmzuges belaufen sich auf ungefähr $^1/_2$—1 Pf. pro Zug, und zwar ist erste und zweite Zug am teuersten, weil hierb

geringerer Geschwindigkeit und größerm Kraftaufwand gearbeitet werden muß.

An Personal sind für jede Ziehbank 4—5 Mann notwendig, wobei die Bedienung des Anwärmeofens mitgerechnet ist (1 Ofenvorarbeiter, 1 Heizer, 1 Rohrträger, 1 Steuermann und eventuell noch ein Hilfsarbeiter).

Der Verschleiß an Dornen (vielfach aus Martinstahl) ist, wenn dieselben gut gekühlt werden und die Bänke nicht zu langsam arbeiten sowie die Werkstücke richtig temperiert sind (sie sollen, wenn der Dorn in denselben steckt, die charakteristischen glühenden Flecken zeigen), sehr gering. Als zweckmäßige Kühlung hat sich Rieselwasser erwiesen, welches aus feinen Löchern von Manschetten austritt. Ueber die konstruktive Ausführung und Bauart einer Warmziehbank, wie sie auf verschiedenen Werken in Gebrauch ist, gibt Tafel III Auskunft. Der Trog ist ca. 400 mm breit und 200 mm tief. Die verzahnten Halterplatten haben eine Gesamtlänge von ungefähr 3500 mm, während die Zahnstange 4800 mm lang ist und dem in ihr befestigten Dorn eine Geschwindigkeit von 750 mm pro Sekunde erteilen kann. Bei der vorliegenden Konstruktion reichen die Zahnstangenführungen bis an die verzahnten Platten, doch setzt man dieselben besser etwas zurück, um im Bedarfsfalle, wenn sehr lange Rohre zu ziehen sind, noch eine Platte einlegen zu können. Die Antriebsriemenscheiben sind 250 mm breit und haben einen Durchmesser von 900 mm. Auf der Zahnstange sind zweckmäßig zwei Puffer angebracht, um dieselbe nicht nur zurückgezogen, sondern auch ganz ausgefahren anhalten zu können.

Das Vorgelege wird von der unterirdischen Transmission mittels zwei Paar Stirnräder derart angetrieben, daß durch Kuppeln des einen oder

andern Paares der Dorn eine wechselnde Geschwindigkeit erhalten kann.

Statt des Ziehens der Rohrkörper über mehrere Dorne ist in neuerer Zeit auch mit Erfolg versucht worden, ein abgekürztes Verfahren anzuwenden, bei welchem der Dorn aus teleskopartig ineinandergeschachtelten Teilen besteht, von denen der innerste massiv ist. Die Arbeitsweise ist dann so, daß zunächst nur der äußerste Hohldorn auf dem nächst kleinern verschiebbar ist, alle übrigen Dorne hingegen durch Keile zu einem starren Stück vereinigt sind. Nach dem ersten Zug durch den weitesten Ziehring wird dieser auf den äußersten Dorn geschoben und ein engerer Ziehring in die Halterzähne des Bankbettes eingesetzt, die in diesem Falle selbst aushebbar sind. Gleichzeitig wird durch Entfernen eines Keiles der nächst dünnere Dorn auf einen noch schwächern beweglich gemacht und zu dem engern Ziehring in richtige Stellung gebracht. Derselbe Vorgang wiederholt sich der Anzahl der Hohldorne entsprechend unter Benutzung von stets enger werdenden Ringen. Nach jedesmaligem Ziehen werden die Dorne um den Weg ihres Vorganges mitsamt dem Werkstück dann zurückgezogen.

Diese Methode hat neben schnellerm und billigerm Arbeiten noch den Vorteil, daß die Rohrstücke nicht so fest auf den Dorn aufschrumpfen können und ihre Entfernung von denselben nicht so vielen Schwierigkeiten unterworfen ist als bei der ältern Methode, wo oft ein separates Walzwerk das Ablösen bewirken muß.

Außer der Warmziehbank mit Zahnstangenvorschub findet man in zahlreichen Werken, speziell für große Rohrdurchmesser, hydraulisch betätigte Maschinen, bei denen die Verlängerung der Kolbenstange den Dorn trägt und ihn mit dem Werkstücke durch die Ziehringe stößt.

Natürlich ist eine solche Arbeitsweise nur für Rohrstücke durchführbar, die entweder ein geschlossenes oder doch wenigstens ein teilweise nach innen eingezogenes, starkwandiges Boden- oder Abschlußende besitzen. Ist das Rohrstück an beiden Seiten offen, dann muß das Ziehen ähnlich wie bei der Gasrohrfabrikation auf Bänken erfolgen, wo ein Wagen oder sonst ein andres Befestigungsmittel (z. B. innere und äußere Klemmbalken) sich in das Rohrende einklemmen und es durch die Kaliberringe ziehen. Auf derartige Einrichtungen beruht im allgemeinen auch das Kaltziehen, welches entweder über oder mit dem Dorn erfolgen kann. Gebräuchlicher ist die erstere Methode, weil beim Ziehen mit dem Dorn, Werkstück und Dorn, obwohl der letztre blank poliert ist, nach dem Zuge gewöhnlich so fest aneinandergepreßt sind, daß besondre Einrichtungen zur Trennung der beiden nicht entbehrt werden können. Mit dem Dorn gezogene Rohre haben jedoch eine viel saubere und tadellos glatte Innenfläche.

Vor jedem Kaltzuge müssen die Rohre ausgeglüht und gebeizt werden, was bei sehr dünn zu formenden Röhren, wie z. B. Velozipedrohre, die 8—15 Kaltzüge erhalten, eine äußerst zeitraubende und kostspielige Forderung ist. Das Ausglühen auf etwa Kirschrotglut geschieht in sehr gleichmäßig temperierten Wärmeöfen mit niedrigen Gewölben und schwach geneigter Herdsohle, während das Beizen nach langsamer Erkaltung der Rohre in einem Wasserbade von 3—4 % Salzsäuregehalt vorgenommen wird.

Ein in Amerika, wie dem Verfasser mitgeteilt wurde, mit bestem Erfolge angewandtes Vereinfachungsverfahren bedient sich statt dessen eines durch Dampfschlangen auf ca. 100° erwärmten Sodabades, in welches die aus dem Glühofen

kommenden Rohrkörper unmittelbar und möglichst schnell (um einer Oberflächenoxydation vorzubeugen) eingetaucht werden. Die auf diese Weise behandelten

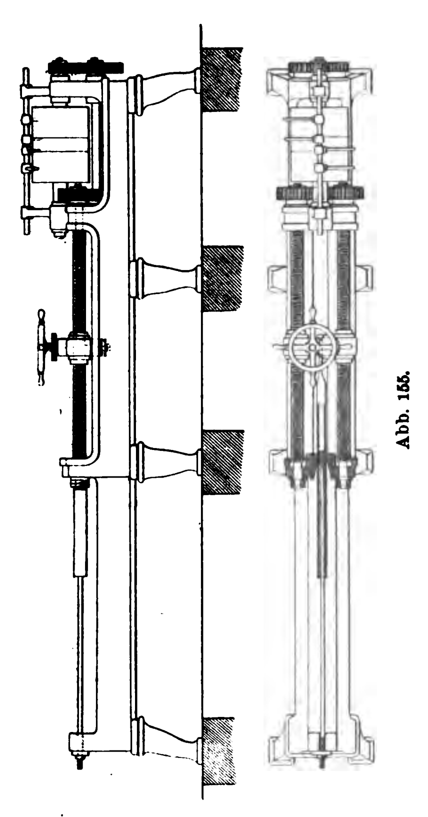


Abb. 155.

Rohre läßt man auf ca. 40° erkalten und gelangen hierauf in ein Kupfervitriolbad, welches eventuell schwach angesäuert sein kann, und zum Schluß in ein Oelbad.

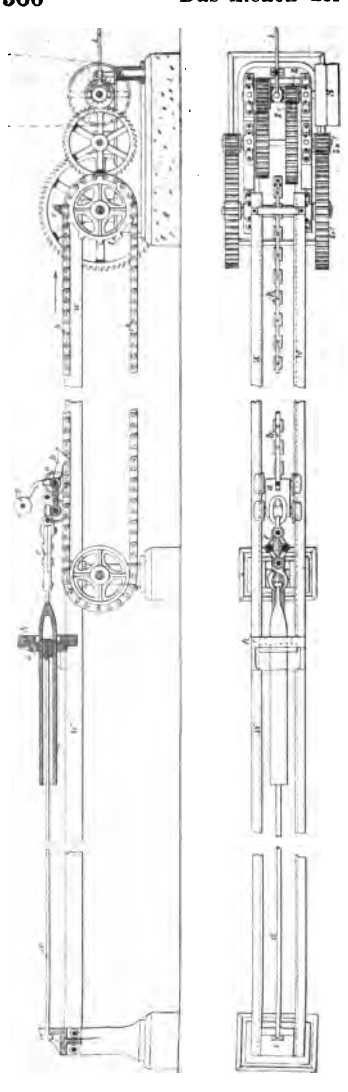
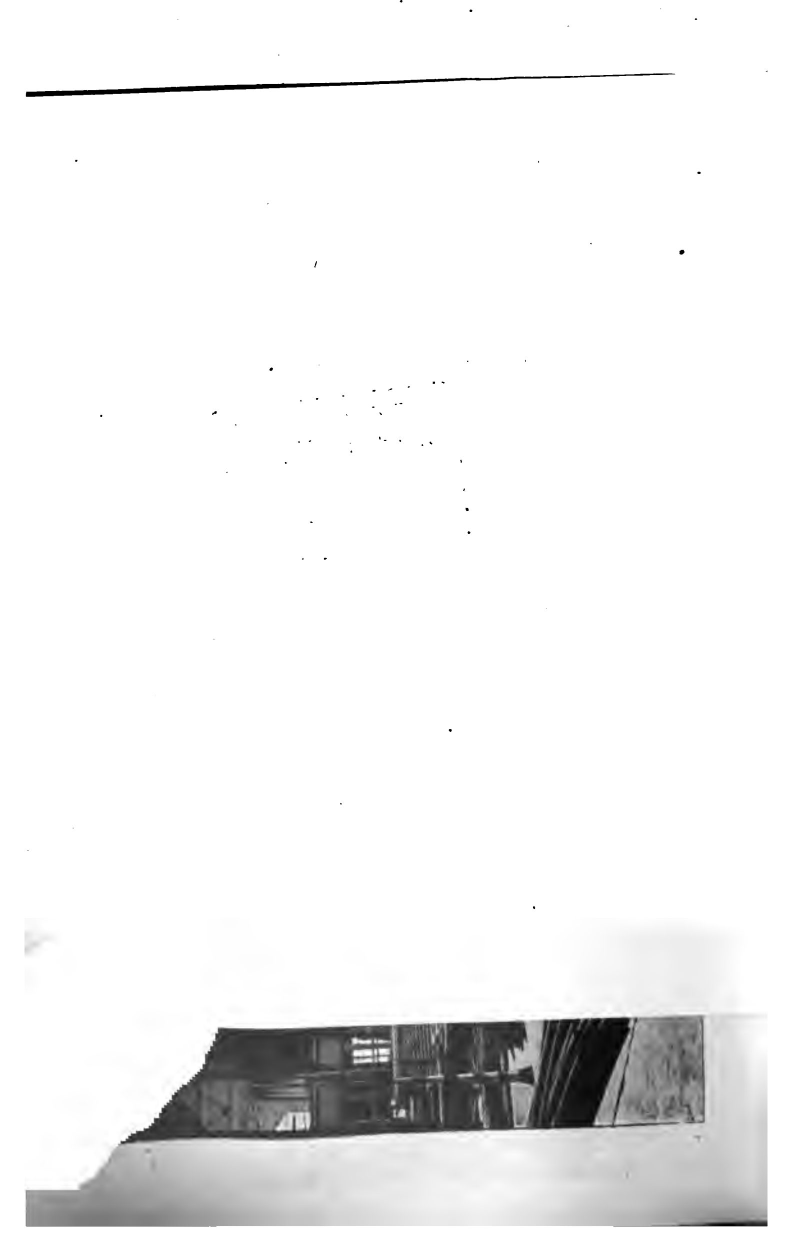


Abb. 156.

Statt daß die Rohre wie sonst vor jedem Zuge geglüht und gebeizt werden müssen, genügt bei der amerikanischen Vereinfachungsmethode eine einmalige Behandlung nach obiger Vorschrift für 4 bis 5 Züge.

Was die Eintauchung in ein Oelbad anbetrifft, so geschieht dieselbe auch nach **dem alten Glüh- und Beizverfahren, sofern nicht zur Schonung der Matrizen und Dorne, sowie zur Erleichterung der Zieharbeit und Vermeidung von unerträglichen quietschenden Geräuschen ein ausreichendes inneres und äußeres Beschmieren der Rohre mit Talg, konsistentem Fett oder dgl. vorgezogen wird.**





Die Darstellung der Tafel IV zeigt eine doppelte Kaltziehbank, welche für eine Rohrgeschwindigkeit von 4—5 m gebaut ist. Die ganze Bank hat eine Länge von ca. 18 m, wovon ungefähr 8 m von der Kette befahren werden, so daß Rohre bis zu 7 m Länge darauf gezogen werden können.

Zwei andre Ziehbankkonstruktionen sind in den Abb. 155 und 156 wiedergegeben, von denen Abb. 155 an Stelle der Ziehkette zwei Gewindespindeln besitzt, durch welche der Wagen mit der Einspannvorrichtung befördert wird.

Auch hydraulische Kaltziehbänke sind vielfach im Betrieb, sowie endlich solche Konstruktionen, bei denen zwei Ziehbänke mit ihren Kopfenden zusammengestellt sind, so daß beide eine Maschine bilden, deren Ketten oder Kolben jedoch nach verschiedenen Richtungen laufen. Auf jeder Ziehbank befindet sich dann ein Schlitten oder Wagen, von denen jeder einen geteilten Ziehring trägt, deren Oberteil in einem Scharnier drehbar ist. Damit das Rohr aber beim Ziehen nicht von einem der Schlitten mitgenommen werden kann, ist in der Mitte eine mit den Ziehbänken fest verbundene, ebenfalls zweiteilige Lagerung angebracht, in die das Rohr mittels Schrauben und Handrad festgeklemmt wird.

In den Abb. 157 und 158 ist das Bild einer Warm- und einer Kaltzieherei für nahtlose Stahlrohre wiedergegeben.

Zwölfter Abschnitt.

Diverse Dimensions-, Gewichts- und Patent-Tabellen.

Nahtlose Kohlensäureflaschen nach Mannesmann für Gasdrucke mit 250 Atm.

Fassungsraum für Kohlensäure kg	Inhalt per Liter	Aeußerer Durchmesser mm	Wandstärke mm	Höhe ohne Ventil mm	Leergewicht inkl. Schutzkappe kg
1	1,34	79	3,25	410	3,9
2	2,68	89	3,7	570	5,9
3	4,02	89	3,07	825	7,8
4	5,36	108	4	780	10,5
5	6,7	140	5	615	13,3
8	10,72	140	5	930	18,8
10	13,4	161	5	1120	22
12,5	16,75	203	5	1370	26,5
15	20,1	203	5,5	1260	31
20	26,8	203	6,5	1090	41,4
25	33,5	203	6,5	1325	49,4
30	40,2	203	6,5	1570	58
50	67	203	6,5	2510	89
100	134	232	6,5	4870	167
150	201	203	6,5	7240	235
			8,5	5700	263,5
200	268	232	6,5	9600	323
			8,5	7540	346,5
250	335	232	8,5	9400	429,5

Mannesmann-Stahl-Muffen-Rohre.

Lichte Weite mm	Wandstärke mm	Stärke der Dichtungsfuge mm	Lichte Weite der Muffe mm	Muffentiefe mm	Gewicht per lfd. Meter
40	3	7,0	60	81	3,85
50	3	7,5	71	85	4,9
60	3	7,5	81	88	5,5
70	$3\frac{1}{4}$	7,5	91,5	90	6,5
75	$3\frac{1}{2}$	7,5	97	91	7,8
80	$3\frac{1}{2}$	7,5	102	92	8,6
90	$3\frac{3}{4}$	7,5	112,5	94	10,5
100	4	7,5	123	97	11,6
125	4	7,5	148	100	14,0
150	$4\frac{1}{2}$	7,5	174	103	19,0
175	5	7,5	200	106	25,5
200	$5\frac{1}{2}$	8,0	227	110	30,0
225	$6\frac{1}{2}$	8,0	254	110	40,0
250	$7\frac{1}{2}$	8,5	284	113	53,0

Tabelle der maximal zulässigen lichten Weiten in cm für gewellte Flammrohre.

Dampfüberdruck in kg/qcm	Wandstärke in mm							
	7	8	9	10	11	12	13	14
6	116	130	—	—	—	—	—	—
7	100	112	126	—	—	—	—	—
8	87	100	112	125	137	—	—	—
9	77	88	100	111	122	133	—	—
10	70	80	90	100	110	120	130	—
11	63	72	81	91	100	109	118	127
12	58	66	72	83	91	99	107	116
13	54	61	69	77	84	92	100	107
14	50	56	63	71	78	85	91	99
15	46	52	59	66	72	79	86	92
16	42	48	55	62	68	74	80	86
17	41	46	53	59	65	71	76	82
18	38	44	49	55	60	66	71	77
19	36	41	45	52	57	62	67	72

Spiralgeschweißte schmiedeeiserne Rohre nach Ehrhardt.

Aeußerer Durchmesser in mm	Zulässige Wandstärke in mm	Probedruck in Atm.	Gewicht per lfd. Meter in kg	Aeußerer Durchmesser in mm	Zulässige Wandstärke in mm	Probedruck in Atm.	Gewicht per lfd. Meter in kg
157	2	27	8,2	416	2½	14	27,7
	2½	36	10,0		3	16	33,5
	3	43	12,5		3½	18	38,8
208	2	22	11,0		4	20	44,3
	2½	27	13,8		2½	12	31,2
259	2	18	13,9		3	15	37,5
	2½	22	17,0		3½	17	43,5
	3	25	20,3		4	19	49,8
	3½	30	24,0		5	24	52,0
311	2	15	17,0	517	2½	12	34,5
	2½	18	20,6		3	13,5	41,3
	3	22	24,7		3½	15	48,2
	3½	27	29,0		4	18	55,0
362	2½	17	24,0		5	23	68,8
	3	20	29,0	571	3	12	45,8
	3½	23	33,5		3½	14,5	33,3
	4	25	38,5		4	17	60,9
					5	20	70,0
					6	22	91,0
				622	3	11	49,8
					3½	13	58,0
					4	15	66,5
					5	18,5	83,0
					6	22	100,0

Gewichtstabelle von nahtlosen Lokomotivröhren.

Aeußerer Durchmesser mm	Gewichte in kg per Meter bei einer Wandstärke von						
	2 mm	$2^1/_4$ mm	$2^1/_2$ mm	$2^3/_4$ mm	3 mm	$3^1/_4$ mm	$3^1/_2$ mm
38	1,76	1,96	2,17	2,37	2,57	2,76	2,95
39	1,81	2,01	2,23	2,44	2,64	2,84	3,03
40	1,86	2,07	2,29	2,50	2,71	2,92	3,12
41	1,91	2,13	2,35	2,57	2,78	3,00	3,21
42	1,95	2,18	2,41	2,63	2,84	3,08	3,30
43	2,00	2,23	2,47	2,70	2,91	3,16	3,38
44	2,05	2,25	2,53	2,77	2,99	3,24	3,46
45	2,10	2,34	2,60	2,84	3,07	3,32	3,55
46	2,15	2,40	2,66	2,91	3,15	3,40	3,64
47	2,20	2,45	2,72	2,97	3,23	3,48	3,72
48	2,25	2,50	2,78	3,03	3,30	3,56	3,81
49	2,30	2,56	2,84	3,10	3,37	3,64	3,99
50	2,35	2,62	2,91	3,17	3,45	3,72	3,98
51	2,40	2,68	2,97	3,24	3,53	3,80	4,07
52	2,45	2,74	3,03	3,31	3,61	3,88	4,16
53	2,49	2,79	3,08	3,37	3,68	3,95	4,24
54	2,53	2,84	3,14	3,43	3,74	4,02	4,32
55	2,58	2,89	3,20	3,50	3,81	4,10	4,40

Nahtlose Mannesmann-Stahlrohre mit Flanschen-Verbindung.

Aeußerer Durchmesser		Wand-stärke	Flanschen			Schrauben-loch-Durchmesser	Anzahl der Schrauben-löcher	Gewicht pro lfd. Meter inkl. Flansch
engl. Zoll	mm	mm	Durchmesser mm	Stärke mm	Lochkreis mm	mm		kg
$1^1/_2$	38	2,25	96	8	68	11,5	3	2,40
$1^5/_8$	41,5	2,25	99	8	71	11,5	3	2,40
$1^3/_4$	44,5	2,25	103	8	75	11,5	3	2,52
$1^7/_8$	47,5	2,25	106	8	78	11,5	3	2,74
2	51	2,50	116	10	84	14	3	3,22
$2^1/_8$	54	2,50	121	10	89	14	3	3,50
$2^1/_4$	57	2,75	124	10	92	14	3	4
$2^3/_8$	60	3	129	10	97	14	3	4,60
$2^1/_2$	63,5	3	133	12	101	14	3	4,90
$2^3/_4$	70	3	140	12	108	14	4	5,40
3	76	3	146	12	114	14	4	5,90
$3^1/_4$	83	3,25	163	12	126	17	4	7,05
$3^1/_2$	89	3,25	169	14	132	17	4	7,66
$3^3/_4$	95	3,25	175	14	138	17	4	8,17
4	102	3,75	185	14	148	17	4	10,00
$4^1/_4$	108	3,75	191	14	154	17	4	10,60
$4^1/_2$	114	3,75	197	14	160	17	4	11,20
$4^3/_4$	121	4	204	14	167	17	4	12,63
5	127	4	226	16	179	21	4	13,68
$5^1/_4$	133	4	231	16	184	21	4	14,35
$5^1/_2$	140	4,5	239	16	192	21	4	16,70
$5^3/_4$	146	4,5	245	16	198	21	6	17,40
6	152	4,5	254	16	207	21	6	18,10
$6^1/_4$	159	4,5	261	16	214	21	6	19,10
$6^1/_2$	165	4,5	269	16	222	21	6	19,70
$6^3/_4$	171	4,5	275	16	228	21	6	20,60
7	178	4,5	286	18	240	21	6	21,70
$7^1/_2$	191	5,5	300	18	253	21	6	27,70
8	203	5,5	313	20	266	21	6	29,91
$8^1/_2$	216	6,5	327	20	280	21	6	36,67

Gewichtstabelle für geschweißte Rohre.

Lichte Weite mm	Gewicht pro Meter Rohr in kg bei einer Wandstärke von								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	0,244	0,440	0,684	0,977	1,319	1,710	2,150	2,638	3,176
4	0,293	0,513	0,781	1,099	1,465	1,881	2,345	2,858	3,420
5	0,342	0,586	0,879	1,221	1,612	2,052	2,540	3,078	3,664
6	0,391	0,659	0,977	1,343	1,759	2,223	2,736	3,298	3,908
7	0,440	0,733	1,075	1,466	1,906	2,394	2,932	3,518	5,153
8	0,488	0,806	1,172	1,588	2,052	2,565	3,127	3,737	4,397
9	0,537	0,879	1,270	1,710	2,198	2,736	3,322	3,957	4,641
10	0,586	0,952	1,368	1,832	2,345	2,907	3,517	4,177	4,885
11	0,635	1,026	1,466	1,954	2,492	3,078	3,713	4,397	5,130
12	0,684	1,100	1,564	2,077	2,639	3,249	3,909	4,617	5,375
13	0,733	1,173	1,661	2,199	2,785	3,420	4,104	4,837	5,619
14	0,782	1,246	1,759	2,321	2,931	3,591	4,299	5,057	5,863
15	0,831	1,319	1,875	2,443	3,078	3,762	4,495	5,277	6,107
16	0,880	1,393	1,955	2,565	3,225	3,933	4,691	5,497	6,352
17	0,928	1,466	2,052	2,687	3,371	4,104	4,886	5,716	6,595
18	0,977	1,539	2,149	2,809	3,517	4,275	5,081	5,936	6,840
19	1,026	1,612	2,247	2,931	3,664	4,446	5,276	6,156	7,084
20	1,075	1,685	2,345	3,053	3,811	4,617	5,472	6,376	7,328
21	1,124	1,759	2,443	3,176	3,958	4,788	5,667	6,596	7,573
22	1,172	1,832	2,540	3,298	4,104	4,959	5,863	6,815	7,817
23	1,221	1,905	2,638	3,420	4,250	5,129	6,058	7,035	8,061
24	1,270	1,978	2,736	3,542	4,397	5,301	6,253	7,255	8,305
25	1,319	2,052	2,834	3,664	4,543	5,472	6,449	7,475	8,550
26	1,368	2,126	2,932	3,787	4,691	5,643	6,645	7,695	8,794
27	1,417	2,199	2,029	3,908	4,837	5,814	6,840	7,915	9,038
28	1,466	2,272	3,127	4,031	4,983	5,985	7,035	8,134	9,283

Gewichtstabelle für geschweißte Rohre.

Lichte Weite mm	Gewicht pro Meter Rohr in kg bei einer Wandstärke von								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	1,515	2,345	2,224	4,153	5,130	6,156	7,231	8,354	9,527
30	1,564	2,419	3,323	4,275	5,277	6,327	7,426	8,574	9,772
32	1,661	2,565	3,517	4,519	5,569	6,668	7,817	9,014	10,259
34	1,759	2,711	3,713	4,763	5,862	7,011	8,208	9,453	10,748
36	1,856	2,858	3,908	5,007	6,156	7,353	8,598	9,893	11,237
38	1,954	3,004	4,103	5,252	6,449	7,694	8,989	10,333	11,725
40	2,052	3,151	4,300	5,497	6,742	8,034	9,381	10,773	12,214
42	2,150	3,298	4,495	5,740	7,035	8,379	9,771	11,212	12,702
44	2,248	3,445	4,690	5,985	7,329	8,721	10,162	11,652	13,191
46	2,346	3,591	4,886	6,230	7,622	9,063	10,553	12,092	13,680
48	2,443	3,737	5,081	6,473	7,914	9,404	10,943	12,532	14,168
50	2,541	3,884	5,276	6,717	8,207	9,746	11,334	12,971	14,657
52	2,639	4,031	5,472	6,926	8,501	10,089	11,726	13,411	15,146
54	2,736	4,177	5,667	7,206	8,794	10,431	12,116	13,851	15,634
56	2,833	4,323	5,862	7,450	9,087	10,772	12,507	14,290	16,122
58	2,931	4,470	6,058	7,695	9,380	11,115	12,898	14,730	16,611
60	3,029	4,617	6,254	7,939	9,674	11,457	13,289	15,170	17,100
62	3,127	4,764	6,449	8,184	9,967	11,799	13,680	15,610	17,588
64	3,225	4,910	6,645	8,428	10,260	12,141	14,071	16,049	18,077
66	3,322	5,057	6,840	8,672	10,553	12,483	14,461	16,489	18,565
68	3,420	5,203	7,035	8,916	10,846	12,824	14,852	16,939	19,054
70	3,518	5,350	7,231	9,161	11,139	13,167	15,243	17,369	19,543
72	3,615	5,496	7,426	9,404	11,432	13,509	15,634	17,808	20,031
74	3,713	5,642	7,621	9,649	11,725	13,851	16,025	18,248	20,591
76	3,811	5,789	7,817	9,893	12,019	14,193	16,416	18,687	21,008
78	3,908	5,936	8,012	10,138	12,312	14,535	16,806	19,127	21,497
80	4,006	6,082	8,208	10,382	12,605	14,876	17,197	19,567	21,985

Gewichtstabelle für Rundeisen.

Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg	Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg	Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg	Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg
5	0,153	20	2,444	35	7,485	50	15,28
5,5	0,187	20,5	2,570	35,5	7,702	50,5	15,59
6	0,220	21	2,695	36	7,910	51	15,90
6,5	0,260	21,5	2,826	36,5	8,142	51,5	16,22
7	0,299	22	2,957	37	8,365	52	16,53
7,5	0,345	22,5	3,095	37,5	8,594	52,5	16,85
8	0,391	23	3,232	38	8,823	53	17,17
8,5	0,443	23,5	3,376	38,5	9,059	53,5	17,50
9	0,495	24	3,520	39	9,294	54	17,82
9,5	0,553	24,5	3,670	39,5	9,535	54,5	18,15
10	0,612	25	3,819	40	9,776	55	18,48
10,5	0,675	25,5	3,975	40,5	10,02	55,5	18,82
11	0,739	26	4,131	41	10,27	56	19,16
11,5	0,810	26,5	4,293	41,5	10,53	56,5	19,51
12	0,880	27	4,455	42	10,78	57	19,85
12,5	0,957	27,5	4,623	42,5	11,04	57,5	20,20
13	1,033	28	4,791	43	11,30	58	20,55
13,5	1,116	28,5	4,965	43,5	11,57	58,5	20,90
14	1,198	29	5,139	44	11,83	59	21,27
14,5	1,287	29,5	5,319	44,5	12,10	59,5	21,64
15	1,375	30	5,499	45	12,37	60	22,00
15,5	1,470	30,5	5,686	45,5	12,65	60,5	22,37
16	1.564	31	5,872	46	12,93	61	22,74
16,5	1,665	31,5	6,065	46,5	13,22	61,5	23,12
17	1,766	32	6,257	47	13,50	62	23,40
17,5	1,873	32,5	6,456	47,5	13,79	62,5	23,87
18	1,980	33	6,654	48	14,08	63	24,25
18,5	2,093	33,5	6,859	48,5	14,38	63,5	24,64
19	2,206	34	7,064	49	14,67	64	25[illegible]
19,5	2,325	34,5	7,275	49,5	14,98	64,5	[illegible]

Gewichtstabelle für Rundeisen.

Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg	Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg	Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg	Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg
65	25,81	80	39,11	95	55,15	120	88,00
65,5	26,20	80,5	39,61	95,5	55,73	121	89,48
66	26,61	81	40.10	96	56,31	122	90,96
66,5	27,01	81,5	40.60	96,5	56,90	123	92,45
67	27,42	82	41,10	97	57,48	124	93,96
67,5	27.83	82,5	41,61	97,5	58,08	125	95,48
68	28.25	83	42,11	98	58,67	126	97,01
68.5	28,67	83.5	42,62	98,5	59,28	127	98,56
69	29,09	84	43,13	99	59,88	128	100.12
69,5	29,52	84,5	43,64	99,5	60,49	129	101,70
70	29,94	85	44.45	100	61,10	130	103,30
70,5	30,37	85,5	44,67	101	62,33	131	104,40
71	30,80	86	45,18	102	63,57	132	106,51
71,5	31,24	86,5	45.71	103	64,82	133	108,13
72	31,67	87	46,23	104	66,09	134	109,76
72.5	32,11	87,5	46,77	105	67,37	135	111,40
73	32,55	88	47,30	106	68,66	136	113,05
73,5	33,00	88,5	47,85	107	69,96	137	114,71
74	33,45	89	48,39	108	71,27	138	116,39
74.5	33,91	89,5	48,91	109	72,60	139	118,09
75	34.37	90	49,49	110	73,94	140	119,80
75,5	34,83	90,5	50,05	111	75,29	141	121,52
76	35,29	91	50,60	112	76,65	142	123,25
76,5	35,76	91,5	51,16	113	78,02	143	125,00
77	36,23	92	51,72	114	79,41	144	126,76
[illegible]	[illegible]71	92,5	52,29	115	80,81	145	128,53
[illegible]	[illegible]	93	52,85	116	82,22	146	130,30
[illegible]	[illegible]	93,5	53,43	117	83,64	147	132,10
[illegible]	[illegible]	94	54,00	118	85,08	148	133,90
[illegible]	[illegible]	94,5	54.58	119	86,53	149	135,71

Gewichtstabelle für Rundeisen.

Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg	Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg	Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg	Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg
150	137,53	180	198,0	210	269,5	240	351,9
151	139,36	181	200,2	211	272,1	241	354,9
152	141,20	182	202,4	212	274,7	242	357,9
153	143,05	183	204,6	213	277,3	243	361,0
154	144,92	184	206,8	214	279,9	244	364,0
155	146,8	185	209,1	215	282,5	245	367,0
156	148,7	186	211,4	216	285,1	246	370,0
157	150,6	187	213,7	217	287,7	247	372,9
158	152,5	188	216,0	218	290,3	248	375,9
159	154,4	189	218,3	219	293,0	249	378,9
160	156,4	190	220,6	220	295,7	250	381,9
161	158,4	191	222,9	221	298,4	251	385,0
162	160,4	192	225,3	222	301,1	252	388,1
163	162,4	193	227,5	223	303,9	253	391,3
164	164,4	194	229,9	224	306,7	254	394,4
165	166,4	195	232,3	225	309,5	255	397,5
166	168,4	196	234,7	226	312,2	256	400,6
167	170,4	197	237,1	227	314,9	257	403,7
168	172,4	198	239,5	228	317,7	258	406,9
169	174,5	199	241,9	229	320,4	259	410,0
170	176,6	200	244,4	230	323,2	260	413,1
171	178,7	201	246,9	231	326,1	261	416,3
172	180,8	202	249,4	232	329,0	262	419,6
173	182,9	203	251,9	233	331,8	263	422,8
174	185,0	204	254,4	234	334,7	264	426,1
175	187,1	205	256,9	235	337,6	265	429,3
176	189,2	206	259,4	236	340,5	266	432,5
177	191,4	207	261,9	237	343,4	267	435,8
178	193,6	208	264,4	238	346,2	268	43[illegible]
179	195,8	209	266,9	239	349,1	269	4[illegible]

Gewichtstabelle für Rundeisen.

Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg	Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg	Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg	Durchmesser mm	Gewicht pro Meter kg
270	445,5	300	549,9	330	665,4	360	791,9
271	448,8	301	553,6	331	669,5	361	796,4
272	452,2	302	557,4	332	673,6	362	800,8
273	455,6	303	561,1	333	677,7	363	805,3
274	458,9	304	564,9	334	681,8	364	809,7
275	462,3	305	568,6	335	685,9	365	814,2
276	465,7	306	572,3	336	690,0	366	818,7
277	469,0	307	576,0	337	694,1	367	823,1
278	472,4	308	579,8	338	698,2	368	827,6
279	475,7	309	583,5	339	702,3	369	832,0
280	479,1	310	587,2	340	706,4		
281	482,6	311	591,1	341	710,6		
282	486,1	312	594,9	342	714,8		
283	489,5	313	598,8	343	719,1		
284	493,0	314	602,6	344	723,3		
285	496,5	315	606,5	345	727,5		
286	500,0	316	610,3	346	731,7		
287	503,5	317	614,2	347	735,9		
288	506,9	318	618,0	348	740,1		
289	510,4	319	621,9	349	744,3		
290	513,9	320	625,7	350	748,5		
291	517,5	321	629,7	351	752,8		
292	521,1	322	633,7	352	757,2		
293	524,7	323	637,6	353	761,5		
294	528,3	324	641,6	354	765,9		
295	531,9	325	645,6	355	770,2		
296	535,5	326	649,6	356	774,5		
297	539,1	327	653,6	357	778,9		
298	542,7	328	657,5	358	783,2		
299	546,3	329	661,4	359	787,6		

ewichtstabelle von nahtlosen Stahlrohren der Dezimalskala.

Durchm.	Gewicht pro Meter Rohr in kg bei einer Wandstärke von											
	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6	7	8	9	10
m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
25	1,37	1,61	1,84	2,05	2,25	2,44	2,62	2,79				
30	1,68	1,98	2,27	2,55	2,81	3,06	3,30	3,53				
35	1,99	2,35	2,70	3,04	3,36	3,67	3,97	4,26	4,80	5,29	5,73	6,12
40	2,30	2,72	3,13	3,53	3,91	4,29	4,65	5,00	5,66	6,27	6,83	7,35
5	2,60	3,09	3,56	4,02	4,46	4,90	5,32	5,73	6,51	7,25	7.93	8,57
0		3.45	3,99	4,51	5,01	5,51	5,99	6,47	7,37	8,23	9,04	9,80
5		3,82	4,41	5,00	5,57	6,12	6,67	7,20	8,23	9,21	10,14	11,02
0			4,84	5,49	6,12	6,73	7,34	7,93	9,09	10,19	11.24	12,25
5			5,27	5,98	6,67	7,35	8,01	8,67	9,94	11,17	12,34	13,47
70			5,70	6,47	7,22	7,96	8,68	9,40	10,80	12,15	13,45	14,69
75			6,13	6,96	7.77	8,57	9,36	10,14	11,66	13,13	14,55	15,92
80				7,45	8,32	9,18	10,03	10,87	12,51	14,11	15,65	17,14
85				7,93	8,87	9,80	10,71	11,61	13,37	15,09	16,75	18,37
90				8,42	9,42	10,41	11,38	12,34	14,23	16,07	17,85	19,59
95				8,91	9,97	11,02	12,06	13,08	15,09	17,05	18,96	20,82
00				9,40	10,52	11,63	12,73	13,81	15,94	18,03	20.06	22,04
05				9,90	11,08	12,25	13,40	14,55	16,80	19,00	21,16	23,27
10				10,30	11,63	12,86	14,08	15,28	17,66	19,98	22,26	24,49
15				10,87	12,18	13,47	14,75	16,02	18,51	20,96	23,36	25,72
20					12,73	14,03	15,42	16,75	19,37	21,94	24,47	26,94
25					13,28	14,69	16,10	17,49	20,23	22,92	25,57	28,16
30					13,83	15,31	16,77	18,22	21,08	23,90	26,67	29,39
35					14,88	15,92	17,44	18,96	21,94	24,88	27,77	30,61
40						16,53	18,12	19,69	22,80	25,86	28,88	31,84

Gewichtstabelle von nahtlosen Stahlrohren der Dezimalskala.

Aeußerer Durchmesser in mm	Gewicht pro Meter Rohr in kg bei einer Wandstärke von											
	$2^1/_2$ mm	3 mm	$3^1/_2$ mm	4 mm	$4^1/_2$ mm	5 mm	$5^1/_2$ mm	6 mm	7 mm	8 mm	9 mm	10 mm
145						17,14	18,79	20,43	23,66	26,84	29,98	33,
150						17,76	19,46	21,16	24,52	27,82	31,08	34
155						18,37	20,14	21,90	25,37	28,80	32,18	35
160						18,98	20,81	22,63	26,23	29,78	33,28	36
165						19,59	21,49	23,36	27,09	30,76	34,39	37
170						20,21	22,16	24,10	27,94	31,74	35,49	39
175						20,82	22,83	24,83	28,80	32,72	36,59	40,
180						21,43	23,51	25,57	29,66	33,70	37,69	41,
185							24,18	26,30	30,52	34,68	38,79	42,
190							24,85	27,04	31,37	35,66	39,90	44,
195							25,53	27,77	32,23	36,64	41,00	45,
200							26,20	28,51	33,09	37,62	42,10	46,
210									34,80	39,58	44,31	48,
220									36,52	41,54	46,51	51,
230									38,23	43,50	48,71	53,
240									39,95	45,46	50,92	56,
250									41,66	47,42	53,12	58,
260									43,37	49,37	55,33	61,
270									45,09	51,33	57,53	63,
280									46,80	53,29	59,73	66,
290									48,52	55,25	61,94	68,
300									50,23	57,21	64,14	71,
325										62,11	69,66	77,
350											75,17	83,

Dimensions- und Gewichtstabelle der nahtlosen Mannesmann-Stahlrohre.

Aeuß. Durchm. in mm	38	41 ½	44 ½	47 ½	51
Aeuß. Durchm. in Zoll engl.	1 ½	1 ⅝	1 ¾	1 ⅞	2
Gewicht pro lfd. Meter Rohr in kg bei einer Wandstärke von 2¼ mm	1,97	2,17	2,32	2,49	
Gew. pro lfd. Meter in kg bei 2½ mm Stärke	2,17	2,39	2,58	2,75	2,97
2¾ „ „	2,37	2,61	2,81	3,01	3,25
3 „ „	2,57	2,83	3,04	3,26	3,53
3¼ „ „	2,76	3,05	3,28	3,52	3,80
3½ „ „	2,95	3,26	3,51	3,77	4.07
3¾ „ „	3,14	3,47	3,74	4,01	4,33
4 „ „	3,32	3,67	3,96	4,26	4,60
4¼ „ „	3,50	3,88	4,18	4,50	4,86
4½ „ „	3,68	4,08	4,40	4,73	5,12
4¾ „ „	3,86	4,28	4,62	4,97	5,37
5 „ „	4,03	4,47	4,82	5,20	5,63
5¼ „ „	4,37	4,66	5,04	5,43	5,88
5½ „ „					6,12
5¾ „ „	4,53	5,03	5,45	5,87	
6 „ „					6,61
6¼ „ „	4,85	5,39	5,84	6,31	
6½ „ „					7,08
6¾ „ „	5,15	5,74	6,23	6,73	
7 „ „					7,54
7¼ „ „	5,45	6,07	6,60	7,14	
7½ „ „					7,98
7¾ „ „	5,73	6,40	6,96	7,53	
8 „ „					8,41
8¼ „ „	6,—	6,71	7,31	7,92	
8½ „ „					8,84
8¾ „ „	6,25	7,01	7,65	8,29	
9 „ „					9,25
9¼ „ „	6,50	7,30	7,97	8,65	
9½ „ „					9,63
10 „ „					10,03
10½ „ „					10,40
11 „ „					10,76
11½ „ „					11,11
12 „ „					11,44
12½ „ „					11,77

Dimensions- und Gewichtstabelle der nahtlosen Mannesmann-Stahlrohre.

Aeuß. Durchm. in mm	54	57	60	63 1/2	70
Aeuß. Durchm. in Zoll engl.	2 1/2	2 1/4	2 3/8	2 1/2	2 3/4
Gewicht pro lfd. Meter Rohr in kg bei einer Wandstärke von 2 1/2 mm	3,15				
Gew. pro lfd. Meter in kg bei 2 3/4 mm Stärke	3,44	3,65			
3 " "	3,74	3,95	4,20	4,45	4,90
3 1/4 " "	4,03	4,26	4,50	4,79	5,30
3 1/2 " "	4,32	4,57	4,83	5,13	5,69
3 3/4 " "	4,60	4,87	5,15	5,48	6,07
4 " "	4,89	5,18	5,47	5,82	5,45
4 1/4 " "	5,17	5,47	5,78	6,16	6,82
4 1/2 " "	5,45	5,77	6,10	6,49	7,20
4 3/4 " "	5,72	6,08	6,41	6,82	7,57
5 " "	5,99	6,35	6,72	7,14	7,94
5 1/4 " "	6,25	6,63	7,02	7,47	8,30
5 1/2 " "	6,52	6,92	7,33	7,49	8,67
5 3/4 " "	6,80	7,20	7,62	8,11	9,03
6 " "	7,04		7,92	8,42	9,39
6 1/4 " "		7,75			
6 1/2 " "	7,56		8,50	9,05	10,09
6 3/4 " "		8,28			
7 " "	8,04		9,07	9,66	10,78
7 1/4 " "		8,81			
7 1/2 " "	8,53		9,63	10,26	11,46
7 3/4 " "		9,32			
8 " "	9,—		10,17	10,85	12,12
8 1/4 " "		9,83			
8 1/2 " "	9,46		10,70	11,42	12,77
8 3/4 " "		10,32			
9 " "	9,91		11,22	11,99	13,41
9 1/4 " "		10,79			
9 1/2 " "	10,34		11,73	12,54	14,01
9 3/4 " "		11,26			
10 " "	10,76		12,22	13,07	14,66
10 1/4 " "		11,71			
10 1/2 " "	11,17		12,71	13,60	15,27
10 3/4 " "		12,15			
11 " "	11,57		13,18	14,11	15,86
11 1/4 " "		12,57			
11 1/2 " "	11,95		13,63	14,62	16,44
11 3/4 " "		12,99			
12 " "	12,33		14,08	15,11	17,01
12 1/4 " "		13,39			
12 1/2 " "	12.68		[illegible]	15,58	17,57
12 3/4 " "					
13 " "				[illegible]	18,11

Dimensions- und Gewichtstabelle der nahtlosen Mannesmann - Stahlrohre.

Aeuß. Durchm. in mm	76	83	89	95	102
Aeuß. Durchm. in Zoll engl.	3	3 1/4	3 1/4	3 1/4	3 3/4
Gewicht pro lfd. Meter Rohr in kg bei einer Wandstärke von 3 mm	5,35				
Gew. pro lfd. Meter in kg bei 3 1/4 mm Stärke	5,76	6,35	6,78	7,30	
3 1/2 „ „	6,19	6,82	7,29	7,85	
3 3/4 „ „	6,61	7,28	7,79	8,38	9,01
4 „ „	7,04	7,74	8,29	8,92	9,58
4 1/4 „ „	7,44	8,20	8,78	9,44	10,15
4 1/2 „ „	7,85	8,66	9,28	9,97	10,72
4 3/4 „ „	8,25	9,11	9,76	10,48	11,29
5 „ „	8,64	9,56	10,25	11,—	11,86
5 1/4 „ „	9,04	10,—	10,73	11,51	12,42
5 1/2 „ „	9,44	10,44	11,21	12,02	12,97
5 3/4 „ „	9,84	10,87	11,68	12,53	13,53
6 „ „	10,26	11,31	12,16	13,04	14,08
6 1/4 „ „	11,04	11,74	12,63	13,54	15,17
6 1/2 „ „	11,80				
6 3/4 „ „	12,55	12,59	13,56	14,55	15,71
7 „ „	13,29				
7 1/4 „ „	14,02	13,44	14,48	15,54	16,79
7 1/2 „ „	14,74				
7 3/4 „ „	15,44	14,28	15,39	16,52	17,85
8 „ „	16,13				
8 1/4 „ „	16,81	15,10	16,28	17,49	18,90
8 1/2 „ „	17,47				
8 3/4 „ „	18,12	15,91	17,15	18,44	19,94
9 „ „	18,76				
9 1/4 „ „	19,39	16,69	18,02	19,39	20,97
9 1/2 „ „	20,01				
9 3/4 „ „		17,47	18,87	20,32	21,98
10 „ „					
10 1/4 „ „		18,24	19,72	21,24	22,97
10 1/2 „ „					
10 3/4 „ „		18,99	20,56	22,15	23,96
11 „ „					
11 1/4 „ „		19,74	21,38	23,04	24,94
11 1/2 „ „					
11 3/4 „ „		20,47	22,19	23,91	25,91
12 „ „					
12 1/4 „ „		21,21	22,97	24,78	26,86
12 1/2 „ „					
12 3/4 „ „		21,91	23,75	25,63	27,81

Dimensions- und Gewichtstabelle der nahtlosen Mannesmann-Stahlrohre.

Aeuß. Durchm. in mm	108	114	121	127	133
Aeuß. Durchm in Zoll engl.	$4^1/_4$	$4^1/_2$	$4^3/_4$	5	$5^1/_4$
Gewicht pro lfd. Meter Rohr in kg bei einer Wandstärke von $3^3/_4$ mm	9,56	10,10			
Gew. pro lfd. Meter in kg bei 4 mm Stärke	10,17	10,75	11,46	12,03	12,65
$4^1/_4$ „ „	10,78	11,40	12,15	12,76	13,41
$4^1/_2$ „ „	11,38	12,04	12,83	13,48	14,17
$4^3/_4$ „ „	11,99	12,68	13,51	14,20	14,93
5 „ „	12,59	13,32	14,19	14,92	15,68
$5^1/_4$ „ „	13,18	13,95	14,87	15,63	16,43
$5^1/_2$ „ „	13,78	14,59	15 54	16,34	17,17
$5^3/_4$ „ „	14,37	15,21	16,21	17,05	17,91
6 „ „	14,96	15,84	16,88	17,75	18,65
$6^1/_4$ „ „	15,54	16,46	17,55	18,45	19,39
$6^1/_2$ „ „	16,13	17,08	18,21	19,15	20,13
$6^3/_4$ „ „	16,71	17,69	18,87	19,85	20,87
7 „ „			19,52	20,54	21,60
$7^1/_4$ „ „	17,85	18,92			
$7^1/_2$ „ „			20,82	21,91	23,05
$7^3/_4$ „ „	18,99	20,13			
8 „ „			22,11	23,27	24,49
$8^1/_4$ „ „	20,11	21,32			
$8^1/_2$ „ „			23,39	24,62	25,91
$8^3/_4$ „ „	21,23	22,51			
9 „ „			24,66	25,96	27,32
$9^1/_4$ „ „	22,33	23,68			
$9^1/_2$ „ „			25,91	27,29	28,72
$9^3/_4$ „ „	23,41	24,84			
10 „ „			27,15	28,60	30,11
$10^1/_4$ „ „	24,50	25,98			
$10^1/_2$ „ „			28,38	29,90	31,48
$10^3/_4$ „ „	25,56	27,12			
11 „ „			29,60	31,19	32,84
$11^1/_4$ „ „	26,60	28,25			
$11^1/_2$ „ „			30,81	32,47	34,19
$11^3/_4$ „ „	27,63	29,36			
12 „ „			32,—	33,74	35,53
$12^1/_4$ „ „	28,65	30,47			
$12^1/_2$ „ „			33,17	34,99	36,86
$12^3/_4$ „ „	29,66	31,56			
13 „ „			34,33	36,23	38,17
$13^1/_4$ „ „	30,67	32,64			
$13^1/_2$ „ „			35,48	37,46	39,47
$13^3/_4$ „ „	31,66	33,70			
14 „ „			36,63	38,68	40,76

Dimensions- und Gewichtstabelle der nahtlosen Mannesmann-Stahlrohre.

Aeuß. Durchm. in mm	140	146	152	159	165
Aeuß. Durchm. in Zoll engl.	5 1/2	5 3/4	6	6 1/4	6 1/2
Gewicht pro lfd. Meter Rohr in kg bei einer Wandstärke von 4 1/2 mm	14,90	15,56	16,22	17	17,65
Gew. pro lfd. Meter in kg bei 4 3/4 mm Stärke	15,70	16,40	17,10	17,91	18,61
5 „ „	16,50	17,23	17,93	18,82	19,55
5 1/4 „ „	17,29	18,06	18,83	19,73	20,50
5 1/2 „ „	18,08	18,89	19,70	20,64	21,44
5 3/4 „ „	18,87	19,71	20,55	21,54	22,38
6 „ „	19,65	20,53	21,41	22,44	23,32
6 1/4 „ „	20,43	21,35	22,26	23,33	24,25
6 1/2 „ „	21,22	22,16	23,12	24,23	25,18
6 3/4 „ „	21,98	22,97	23,96	25,12	26,11
7 „ „	22,76	23,78	24,81	20,01	27,03
7 1/4 „ „	23,52	24,59	25,65	26,89	27,95
7 1/2 „ „	24,29	25,39	26,49	27,77	28,87
8 „ „	25,81	26,98	28,16	29,53	30,70
8 1/2 „ „	27,32	28,56	29,81	31,27	32,51
9 „ „	28,82	30,14	31,46	33,—	34,32
9 1/2 „ „	30,30	31,70	33,09	34,71	36,11
10 „ „	31,77	33,24	34,71	36,42	37,89
10 1/2 „ „	33,23	34,77	36,31	38,11	39,65
11 „ „	34,72	36,34	37,90	39,69	41,40
11 1/2 „ „	36,16	37,85	39,50	41,35	43,15
12 „ „	37,58	39,34	41,08	43,—	44,88
12 1/2 „ „	38,99	40,82	42,64	44,64	46,60
13 „ „	40,39	42,30	44,19	46,27	48 31
13 1/2 „ „	41,78	43,77	45,72	47,89	50,05
14 „ „	43,15	45,22	47,24	49,50	51,69
14 1/2 „ „	44,51	46,66	48,75	51,10	53,35

Dimensions- und Gewichtstabelle der nahtlosen Mannesmann-Stahlrohre.

Aeuß. Durchm. in mm	171	178	191	203	216
Aeuß. Durchm. in Zoll engl.	$6^3/_4$	7	$7^1/_2$	8	$8^1/_2$
Gewicht pro lfd. Meter Rohr in kg bei einer Wandstärke von $4^1/_2$ mm	18,31	19,08			
Gew. pro lfd. Meter in kg bei $4^3/_4$ mm Stärke	19,30	20,11			
5 " "	20,23	21,14			
$5^1/_4$ " "	21,27	22,17			
$5^1/_2$ " "	22,25	23,19	24,93	26,60	
$5^3/_4$ " "	23,22	24,21	26,03	27,80	
6 " "	24,20	25,22	27,13	29,—	
$6^1/_4$ " "	25,17	26,24	28,22	30,15	
$6^1/_2$ " "	26,13	27,24	29,31	31,30	33,20
$6^3/_4$ " "	27,10	28,25	30,40	32,45	34,45
7 " "	28,06	29,26	31,48	33,60	35,70
$7^1/_4$ " "	29,02	30,26	32,56	34,75	36,95
$7^1/_2$ " "	29,97	31,25	33,62	35,90	38,20
$7^3/_4$ " "			34,71	37,05	39,45
8 " "	31,87	33,24	35,78	38,20	40,70
$8^1/_4$ " "			36,84	39,35	41,95
$8^1/_2$ " "	33,76	35,21	37,92	40,50	43,20
$8^3/_4$ " "					44,40
9 " "	35,64	37,17	40,04	42,80	45,60
$9^1/_4$ " "					46,80
$9^1/_2$ " "	37,50	39,14	42,04	45,10	48,—
10 " "	39,35	41,06	44,24	47,30	50,40
$10^1/_2$ " "	41,19	42,98	46,32	49,50	52,80
11 " "	42,99	44,90	48,39	51,70	55,20
$11^1/_2$ " "	44,80	46,80	50,45	53,90	57,50
12 " "	46,60	48,68	52,50	36,10	59,80
$12^1/_2$ " "	48,40	50,55	54,50	38,30	62,20
13 " "	50,17	52,40	56,50	60,50	64,50
$13^1/_2$ " "	51,94	54,21	58,50	62,70	66,80
14 " "	53,70	56,07	60,50	64,80	69,10
$14^1/_2$ " "	55,45	57,89	62,50	66,90	71,40
15 " "			64,50	69,—	73,70
$15^1/_2$ " "			66,50	71,10	76,—
16 " "					78,30
$16^1/_2$ " "					80,50

Dimensions- und Gewichtstabelle der nahtlosen Mannesmann-Stahlrohre.

Aeuß. Durchm. in mm	229	241	251	267	279
Aeuß. Durchm. in Zoll engl.	9	9½	10	10½	11
Gewicht pro lfd. Meter Rohr in kg bei einer Wandstärke von 6½ mm	35,30	37,20	39,50		
Gew. pro lfd. Meter in kg bei 6¾ mm Stärke	36,60	38,60	41,—		
7 „ „	37,90	40,—	42,50	44,50	
7¼ „ „	39,20	41,35	43,90	46,10	
7½ „ „	40,50	42,70	45,30	47,70	49,60
7¾ „ „	41,80	44,05	46,75	49,25	51,25
8 „ „	43,10	45,40	48,20	50,80	52,90
8¼ „ „	44,10	46,80	49,60	52,35	54,50
8½ „ „	45,70	48,20	51,—	53,90	56,10
8¾ „ „	47,—	49,60	52,45	55,40	57,75
9 „ „	48,30	51,—	53,90	56,90	59,40
9¼ „ „	49,60	52,40	55,35	58,40	61,—
9½ „ „	50,90	53,80	56,80	59,90	62,60
9¾ „ „				61,40	64,15
10 „ „	33,50	56,50	59,70	62,90	65,70
10¼ „ „					67,25
10½ „ „	56,—	59,20	62,60	65,80	68,80
11 „ „	58,50	61,90	65,40	68,80	72,—
11½ „ „	61,—	64,50	68,30	71,80	75,10
12 „ „	63,50	67,20	71,20	74,80	78,20
12½ „ „	66,—	69,80	74,—	77,90	81,30
13 „ „	68,50	72,40	76,70	80,90	84,40
13½ „ „	71,—	75,—	79,50	83,90	87,60
14 „ „	73,50	77,60	82,20	86,70	90,70
14½ „ „	76,—	80,20	84,90	89,60	93,80
15 „ „	78,50	82,80	87,70	92,40	96,80
15½ „ „	80,90	85,40	90,50	95,30	99,80
16 „ „	83,30	88,—	93,30	98,20	102,80
16½ „ „	85,70	90,50	96,—	101,10	105,70
17 „ „				104,—	108,70
17½ „ „					111,70

Gewichts- und Dimensionstabelle für wassergasgeschweißte Rohre.

(Nach W. Fitzner, Laurahütte.)

Lichte Weite mm	Wandstärke mm	Gewicht für 1 m Rohr kg	Lichte Weite mm	Wandstärke mm	Gewicht für 1 m Rohr kg
	4	19		4	38
	5	24		5	48
	6	29		6	58
200	7	34	400	7	68
	8	39		8	78
	9	44		9	88
	10	49		10	98
	4	24		4	43
	5	30		5	54
	6	36		6	65
250	7	42	450	7	76
	8	48		8	87
	9	54		9	98
	10	60		10	109
	4	28		4	48
	5	35		5	60
	6	43		6	72
300	7	51	500	7	84
	8	58		8	96
	9	66		9	109
	10	74		10	122
	4	33		4	52
	5	42		5	66
	6	50		6	80
350	7	59	550	7	93
	8	68		8	107
	9	77		9	120
	10	86		10	134

Gewichts- und Dimensionstabelle für wassergasgeschweißte Rohre.

(Nach W. Fitzner, Laurahütte.)

Lichte Weite mm	Wandstärke mm	Gewicht für 1 m Rohr kg	Lichte Weite mm	Wandstärke mm	Gewicht für 1 m Rohr kg
	6	88		6	118
	7	103		7	138
	8	118		8	158
600	9	133	800	9	178
	10	148		10	198
	11	163		11	218
	12	178		12	238
	6	95		6	124
	7	111		7	145
	8	127		8	166
650	9	143	850	9	187
	10	159		10	208
	11	175		11	229
	12	191		12	250
	6	102		6	130
	7	120		7	152
	8	137		8	174
700	9	155	900	9	196
	10	173		10	218
	11	190		11	240
	12	208		12	262
	6	110		6	145
	7	129		7	170
	8	147		8	195
750	9	166	1000	9	220
	10	185		10	245
	11	203		11	270
	12	222		12	295

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.*)

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Brit. Pat.	1812	3 590	H. Osborn	Schweißverf.
" "	"	3 617	"	"
" "	1817	4 105	"	"
" "	"	4 191	J. F. Chabannes	"
" "	1824	4 892	J. J. Russell	Schweißwalzverfahren
" "	1825	5 169	C. Whitehouse	Schweißverf.
" "	1831	6 097	G. Royle	"
" "	1836	6 995	Harvey & Brown	"
" "	"	7 081	T. H. Russell	"
" "	1840	8 454	R. Prosser	"
" "	"	8 536	A. S. Stocker	nahtlos Gußverf.(Hohlblock)
" "	1841	9 140	J. Cutler	Schweißverf.
" "	1842	9 287	T. F. Russell & C. Whitehouse	"
" "	1843	9 723	J. Roose	"
" "	1844	10 122	J. Hardy	"
" "	"	10 272	J. J. & T. H. Russell	"
" "	"	10 380	J. Hardy	"
" "	1845	10 546	J. Selby	"
" "	"	10 621	G. Royle	"
" "	"	10 649	R. Prosser	"
" "	"	10 696	C. Whitehouse	"
" "	"	10 710	J. Hardy	"
" "	"	10 816	T. H. Russell	"
" "	1846	11 197	W. Church	"
" "	"	11 360	J. Roose	"
" "	1848	12 021	Cutler & Robinson	"
" "	"	12 158	W. Taylor	"
" "	"	12 334	J. O. York	nahtl. Stahlgußhohlbl.Gießverf.
" "	1850	12 918	Cochrane & Slate	Schweißverf.
" "	"	13 035	R. Prosser	"

*) Eine ausführliche, bis 1908 fortgesetzte Patentliste mit über 2000 verschiedenen Rohrfabrikationspatenten und genauer Spezifikation in deutscher, französischer und englischer Sprache ist als separates Buchwerk im Verlage der Fachzeitschrift Metallröhren-Industrie (Concordia-Verlag), Berlin W 8, erschienen und von diesem zu beziehen.

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Brit. Pat.	1850	13 037	E. A. Chameroy	nahtlos aus Hohlblock
„ „	„	13 130	T. Deakin	Schweißverf.
„ „	1851	13 534	A. F. Redmond	nahtlos aus Scheiben (Preßverfahren)
„ „	1852	586	G. F. Selby	Schweißverf.
„ „	„	748	J. Dumery	nahtlos. Rohr-Ziehen
„ „	„	819	J. Roose	Schweißverf.
„ „	1853	560	R. A. Brooman	„
„ „	„	3 017	A. F. Remond	„
„ „	1854	472	J. D. M. Stirling	nahtlos ausgegossen. Hohlbl.
„ „	„	688	J. Newman	nahtlos aus Schmiedeeisen-Hohlblock
„ „	1855	1 680	R. A. Brooman	Schweißverf.
„ „	„	2 527	T. Pritchard	„
„ „	1856	1 105	R. A. Brooman	„
„ „	„	1 223	J. Cutler	„
„ „	„	1 610	A. Herts	„
„ „	„	2 251	Russell & Howell	„
„ „	„	2 827	L. W. Wright	„
„ „	„	3 090	Speed & Bailey	nahtlos. Ziehen
„ „	1857	72	Russell & Howell	Schweißverf.
„ „	1858	2 183	James Russel	Rohrschweißof.
„ „	„	2 685	S. Oram	Schweißverf.
„ „	1860	2 941	E. T. Hughes	„
„ „	1861	2 533	Christoph usw.	nahtlos Ziehen und Walzen
„ „	1862	52	Tessen usw.	Schweißverf.
„ „	„	3 262	Christoph usw.	nahtlos aus ausgebohrt. Hohlbl.
„ „	1863	1 023	J. Thompson	nahtlos aus Hohlblockwalz.
„ „	1864	1 018	„	Lochen.
„ „	1865	1 517	Thom. Pritchard	Rohr-, Schweiß- und Rundofen
„ „	„	1 858	S. Hingley	Schweißverf.

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Brit. Pat.	1866	1 462	Gibson & Ellis	nahtlos. Ziehen
„ „	„	1 868	G. Plant	Schweißverf.
„ „	1867	1 937	Galloway & Plant	„
„ „	„	3 333	T. Chalmers	nahtlos. Plattwalzverfahren
„ „	1868	2 713	J. Evans	Schweißverf.
„ „	1869	3 209	G. Northall	„
„ „	1870	1 570	R. Briggs (C. D. Abel)	„
„ „	„	1 571	R. Briggs (Abel)	„
„ „	„	1 799	A. & J. Stewart	„
„ „	„	1 980	H. Kesterton	„
„ „	„	3 391	S. P. M. Tasker (W. R. Lake)	„
„ „	1873	3 440	J. Fairbanks	Hohlpak. ausw.
„ „	„	3 440	J. Ferir	„
„ „	1874	1 024	J. Evans	Schweißverf.
„ „	„	4 244	Newton	nahtlos. Plattwalz. u. Aufweit.
„ „	1875	209	J. C. Johnson	Schweißverf.
„ „	„	1 562	T. P. Allen	„
„ „	„	2 765	H. Kesterton	„
„ „	1876	10	T. P. Allen	„
„ „	„	756	R. A. Malcolm	„
„ „	1877	104	Harvey Klapp Flagler	Spiralrohr schw.
„ „	„	1 202	Peyton & Bourne	Schweißverf.
„ „	„	2 906	E. Roden	Schweißverf. Ziehen
Deutsch. Pat.	1878	4 893	Gruson-Werk	Plattwalzverf.
Brit. Pat.	„	30	J. Mc Dougall	Schweißverf. Ziehen
„ „	„	1 352	G. Paulding (Palliser)	Spiralrohrschw.
„ „	„	4 201	J. Robertson	nahtlos. Walzen (Ziehen)
„ „	„	4 946	Mc Kenzie & Perkins	Schweißverf.
	1879	514	W. Brawnhill	Schweißverf.
	„	2 075	Steward & Pirie	„
	„	6 885	Gustav Piedboeuf	konische Rohre walzen
	„	8 244	Alfred Longsdon	Schrägwalzverfahren

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Deutsch. Pat.	1879	8 720	Samson Fox	Walzen von Röhren
„ „	„	9 442	James Robertson	Schweiß., Ziehen
„ „	„	9 783	George Whitehead	Walzen
Brit. Pat.	1880	1 254	J. Hooven (W. R. Lake)	Schweißverf.
„ „	„	4 361	J. C. Johnson	Schweißen von Hohlzyl.-Paket.
Deutsch. Pat.	„	10 049	Stewart & Waterspoon	Dampfziehbank
Brit. Pat.	1881	446	Cassels & Morton	Schweißverf.
„ „	„	1 806	H. von Hartz & O. Fix	„
„ „	„	2 998	A. L. Murphy	Schweißen aus Profilpaketen
„ „	„	3 041	A. L. Murphy	„
„ „	1882	846	R. Elliott	nahtlos. Preßgußverfahren
„ „	„	1 005	W. H. Wood	Schweißverf.
„ „	„	1 771	Fox & Whitley	Ofen
„ „	„	1 929	W. Randle	nahtlos. Rohr. Ziehen
„ „	„	2 647	J. Robertson	Schweißen, Walzen
„ „	„	5 597	S. Walker	nahtlos gezogen
„ „	1883	491	T. B. Sharp	nahtlos. Ziehen
„ „	„	1 033	P. M. Parsons	nahtlos. Walzen
„ „	„	2 157	E. Quadling	Schweißverf.
„ „	„	2 844	C. Kellogg	Rohrwalzwerk
„ „	„	4 211	G. H. Fox	Spiralrohrschw.
Deutsch. Pat.	„	23 707	J. W. Walter	Schablone für Rohrwalzkalib.
„ „	„	26 413	Akt.-Ges. Union	Schweißverf.
Brit. Pat.	1884	7 462	F. Johnson	nahtlos. Walzen
„ „	„	15 752	J. Robertson	nahtlos. Pressen und Ziehen
Deutsch. Pat.	„	31 222	Vital Daelen	Rohrwalzwerk
„ „	„	34 000	A. Schlotterhose	Generator Rohrschweißofen
Brit. Pat.	1885	1 167	R. & M. Mannesmann	Schrägwalzprozeß
„ „	„	3 344	E. Dixon	Schweißverf.

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Brit. Pat.	1885	5 265	W. H. Brown	nahtlos. Top verfahren
" "	"	9 537	C. Kellogg (Thompson)	Rohrwalzwe
" "	"	10 315	W. H. Brown	nahtlos. Top verfahren
" "	"	12 823	Stiff and Bennett	Hohlblock a ziehen
Deutsch. Pat.	"	33 620	Arthur Latsch	Schweißen a Profilpakete
" "	"	34 012	Schulz-Knaudt & Co.	Kesselschüss
" "	"	34 612	Dr. Fritz Kögel	Schrägwalzw
" "	"	35 541	Stiff-Bennett & Pippo	Lochen
" "	"	36 178	Charles Kellogg	Rohrwalzwer
" "	"	36 814	James Robertson	Ziehen u. Walz
Brit. Pat.	1886	9 939	R. & M. Mannesmann	Schrägwalz-prozeß
" "	"	9 951	J. B. Root	Spiralrohr-schweißen
Deutsch. Pat.	"	40 512	Vital Daelen	nahtlose Kess schüsse
" "	"	45 890	Dr. Fritz Kögel	Schrägwalz-prozeß
" "	"	45 891	"	"
" "	"	45 892	"	"
" "	"	45 905	"	"
" "	"	46 459	"	"
" "	1887	44 187	Robert Wilke	Schweißen
" "	"	44 416	Flotow & Leidig	Kaltziehen
Brit. Pat.	"	666	R. & M. Mannesmann	Schrägwalz-prozeß
" "	"	5 268	Flotow & Leidig	nahtlos. Ziehe
" "	"	5 436	J. P. Serve	Profilrohr mi Innenrippen
" "	"	6 453	R. & M. Mannesmann	Schrägwalz-prozeß
" "	"	10 796	Cope & Hollings	nahtlos. Guß-verfahren
" "	"	12 042	C. Kellogg	Auswalzen v Hohlblöcken

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land		Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
[illegible]sch.	Pat.	1888	44 639	George Kynoch	nahtlos. Topfverfahren
„	„	„	46 116	W. Seddon Sutherland	Flammofen für Röhren
„	„	„	46 337	R. Mannesmann	Rohrwalzwerk
„	„	„	46 379	W. Lorenz	nahtlos. Topfverfahren
[illegible]it.	Pat.	„	1 467	C. A. Marshall	Hohlblockplattwalzen
„	„	„	5 018	J. Robertson	nahtlos. Lochen
„	„	„	6 493	S. P. M. Tasker	Auswalzen von Hohlblöcken
„	„	„	6 494	„	„
„	„	„	9 754	R. Mannesmann	Schrägwalzprozeß
„	„	„	12 624	W. Lorenz	Kaltziehen
„	„	„	14 278	W. Pilkington	Auswalzen von Hohlblöcken
„	„	„	14 799	Pilkington usw.	Lochen
„	„	„	15 059	W. Lorenz	Ziehen
„	„	„	18 477	W. H. Appleton	Hohlblock auswalzen
„	„	1889	1 590	W. E. Koch	nahtlos. Gießverfahren
„	„	„	2 933	C. Kellogg	Hohlblöcke auswalzen
„	„	„	16 934	Pilkington usw.	Auswalzen von Hohlblöcken
[illegible]tsch.	Pat.	„	50 218	Carl Tellering	Walzwerk für dünnwandige Hohlkörper
„	„	„	50 288	Flotow & Leidig	Ziehen
„	„	„	50 413	Charles Kellogg	Rohrwalzwerk
„	„	„	50 636	François	Plattwalzverf.
„	„	„	51 069	Julius Wüstenhöfer	Spiralrohrschweißmasch.
„	„	„	51 769	Schröder & Boeker	Paketierverf.
„	„	„	52 173	Carl Tellering	Walzwerk
„	„	„	53 532	Julius Wüstenhöfer	Spiralrohrschweißmasch.

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Deutsch. Pat.	1889	53 863	Wesselhöft	Spiralrohr-schweißmasch
Brit. Pat.	1890	1 627	J. Robertson	Lochen
„ „	„	5 641	H. Howard	Schweißen mi Gebläseflamm oder elektrisc
„ „	„	8 152	C. Kellogg	Rohrwalzwer
„ „	„	16 990	„	„
„ „	„	18 386	Pilkington usw.	nahtlos. Ziehe
„ „	„	19 153	Norton & Adcock	nahtlos. Gieß verfahren
Deutsch. Pat.	„	55 092	Edward Pitzwatrik	Ziehen, Press
„ „	„	55 440	William Crawford	nahtlos. Press
„ „	„	55 520	Friedrich Kersten	Schweißmasc
„ „	„	57 341	Eduard Zimmermann	Spiralrohr-schweißmasch
„ „	„	57 416	James Simpson	Ziehen
„ „	„	57 599	Friedrich Kersten	Rohrschweiß-vorrichtung
„ „	„	57 601	William Crawford	Lochen
„ „	„	58 163	Julius Wüstenhöfer	Spiralrohr-schweißmasch
„ „	„	62 668	E.F.Randolph&Clowes	Rohrwalzwer
„ „	„	63 307	Joh. C. Kratz & Julius Strassmann	Spiralrohr
Brit. Pat.	1891	1 208	J. H. Bevington	Schweiß.,Ziehe
„ „	„	3 116	H. Ehrhardt	Lochen
„ „	„	3 706	D. Muckley	Schweiß.,Ziehe
„ „	„	3 771	M. Mannesmann	Schrägwalz-prozeß
„ „	„	4 050	„	„
„ „	„	4 655	W. Brownhill	elektr. Schwei
„ „	„	11 436	J. Robertson	Lochen
„ „	„	15 912	Lane & Chamberlain	nahtlos. Gieß verfahren
„ „	„	20 364	Cayley & Courtman	nahtlos. Topf verfahren
Deutsch. Pat.	„	58 752	Jul. Riemer	Rohrwalzwer
„ „	„	60 217	Henry Howard	Schweiß.,Ziehe

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Dtsch. Pat.	1891	62 034	Lane & Förster	nahtlos. Gießverfahren
" "	"	62 797	Edw. Zimmermann	Spiralrohrschweißmasch.
" "	"	63 330	Lane & Förster	nahtlos. Gießverfahren
" "	"	65 088	E. Zimmermann	Spiralrohrschweißmasch.
" "	"	67 430	H. Ehrhardt	Lochen
" "	"	67 921	"	"
" "	"	70 821	Paul Hesse	Rohrwalzwerk
" "	"	71 222	Ed. Roesky	"
" "	"	77 141	Dr. Georg Walz	Lochen und Aufweiten
" "	"	78 726	Max Mannesmann	Pilgerverfahren
" "	"	79 375	J. Wüstenhöfer	Rohrwalzwerk
" "	1892	65 337	A. Mühle	Schweißofen für Rohre
" "	"	66 382	Thyssen & Co.	Schweißverf.
" "	"	68 302	John H. Mehrtens	nahtlos. Preßverfahren
" "	"	71 604	James Robertson	Ziehstempelführung
" "	"	72 573	H. Ehrhardt	Lochen
" "	"	73 005	"	Lochen u. Ausziehen
" "	"	75 944	Paul Hesse	Lochen
" "	"	76 801	"	Lochen
" "	"	77 863	De Laval	nahtlos
" "	"	79 375	Wüstenhöfer & Surmann	nahtlos. Walzen
" "	"	79 602	Eugène Boulet	nahtlos. Ziehen, Aufweiten
" "	"	79 642	Wirth & Co. (Hesse)	Dünnerwalzen vonRohrwänden
" "	"	81 331	Paul Hesse (Garnier)	Gieß- u. Walzverfahren
" "	"	81 549	James Robertson	Lochen
" "	"	84 778	Reinh. Mannesmann	Pilgerverf

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Deutsch. Pat.	1892	86 162	Reinh. Mannesmann	Pilgerverfahr
Brit. Pat.	„	4 358	Compagnie Française des Meteaux	Walzen
„ „	„	4 595	R. Mannesmann	Schrägwalz-prozeß
„ „	„	7 135	„	„
„ „	„	7 497	H. Ehrhardt	Lochen in zw Perioden
„ „	„	17 090	W. Pilkington & C. P. Bishop	Walzen konis Rohre
„ „	„	17 250	J. E. & H. Howard	Schweißen, Runden
„ „	1893	24	Wüstenhöfer & Surmann	Lochen, Walz
„ „	„	533	P. Hesse	Lochen, Walz
„ „	„	1 270	B. Hewitt	nahtlos. Ziehe
„ „	„	3 519	W. & J. Crawford	Ziehen
„ „	„	4 794	B. & G. Shorthouse	nahtl. Hohlblo
„ „	„	6 884	C. G. Larson	Walzen
„ „	„	9 657	Pilkington usw.	Walzen und Kaltziehen
„ „	„	15 119	A. H. Williams	Schweißverf
„ „	„	19 289	W. Allman & E. Decley	Schweißen
„ „	„	19 356	J. Robertson	Kaltziehen
Deutsch. Pat.	„	76 513	W. Martin	Dornstangen walzwerk
„ „	„	77 616	Hubert Dollmann	Ziehbank
„ „	„	76 107	C. G. Larson	Ziehzange
„ „	„	72 478	Georg Walz (Deutsch-Oest. M.-W.)	Zentrifugalgu verfahren
„ „	„	79 602	E. F. Boulet	nahtlos. Ziehe und Presser
„ „	„	77 801	Paul Hesse	Rohrwalzwer
„ „	„	77 863	De Laval	Gießverfahre Walzwerk
„ „	„	80 496	W. Heckert & B. Butterworth	Walzwerk
„ „	„	81 131	Alf. Garnier	„
„ „	1894	79 021	Carl Gust. Larson	Dornstangen walzwerk

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
utsch. Pat.	1894	79 607	Duisburger Eisen- und Stahlwerk	nahtl. Aufweiten und Ziehen
„ „	„	79 713	Carl Gust. Larson	Dornstangen-walzwerk
„ „	„	82 001	Paul Hesse	Rohrwalzwerk
„ „	„	82 337	Rich. Dietrich	Doppelrohr-schweißofen
„ „	„	82 703	Paul Hesse	Rohrwalzwerk
„ „	„	83 553	C. G. Patrik de Laval	nahtlos. Auf-weitverfahren
„ „	„	88 414	Deutsch-Oest.M.-R.-W.	Schrägwalzverf.
„ „	„	88 638	R. & M. Mannesmann	Pilgerverfahren
„ „	„	90 224	„	„
„ „	„	90 937	„	„
Brit. Pat.	„	3 088	F. O. & W. Schulte	Walzverfahren
„ „	„	6 283	B. Price	Pilgerverfahren
„ „	„	6 697	J. Ritchie	Inn. Rippenrohr
„ „	„	7 332	C. G. Larson	Walzverfahren
„ „	„	20 690	P. Hesse.	Walzverfahren
„ „	„	22 748	A. F. E. Dupont	nahtl. Gießverf.
„ „	„	10 948	J. P. Serve	Schweißen
„ „	„	12 012	Wootton & Hewitt	Ziehen
„ „	1895	5 478	R. Wootton	„
„ „	„	7 852	Pilkington usw.	Walzwerk
„ „	„	9 696	„	„
„ „	„	11 787	P. Hesse	„
„ „	„	13 746	R. & M. Mannesmann	Schrägwalzwerk
„ „	„	14 249	„	Pilgerverfahren
„ „	„	16 486	„	„
„ „	„	17 211	G. Platt	Ziehen
„ „	„	7 643	C. G. P. de Laval	Walzen aus Hohlblock
„ „	„	22 979	Pilkington usw.	Walzwerk
„ „	„	23 702	R. Stiefel	Schrägwalz-prozeß
eutsch. Pat.	„	87 123	Rich. H. Korn	Aufweiten
„ „	„	86 767	Hugh Symington	Schweißmasch.
„ „	„	87 504	Paul Kühne	Aufweiten
„ „	„	87 692	R. M. Daelen	Streckwalzwerk

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Deutsch. Pat.	1895	90 002	Paul Hesse	Rohrwalzw. m 3 od. mehr Wal
„ „	„	90 117	„	Rohrwalzwerl
„ „	„	91 181	Rud. Müller	Spiral-Flamm-rohre mit Rille
„ „	„	91 212	Deutsch-Oest.M.-R.-W.	Speisevorrichtung für Pilgerverfahren
„ „	„	91 946	C. Meyer	Ziehen
„ „	„	92 179	R. M. Daelen	Lochen
„ „	„	92 825	Heinr. Berndt	Pressen von Hohlblöcken
Amerik. Pat.	„	551 340	R. C. Stiefel	Schrägwalzwer
Brit. Pat.	1896	530	Pilkington usw.	Ziehen
„ „	„	854	H. Ehrhardt	Lochen
„ „	„	1 064	R. Bungeroth	„
„ „	„	3 054	J. Robertson	„
„ „	„	3 683	M. Mannesmann	Pilgerverfahre
„ „	„	4 569	G. Platt	Ziehen
„ „	„	6 571	R. & M. Mannesmann	Pilgerverfahre
„ „	„	14 801	E. Hollings	Lochen
„ „	„	17 470	W. & A. Pilkington	„
„ „	„	21 177	P. Hesse	„
„ „	„	22 770	J. Wotherspoon	Pilgerverfahre
„ „	„	22 806	J. L. B. Templer	Lochen
Deutsch. Pat.	„	92 043	P. Hesse	Auswalzen vo Hohlblöcken
„ „	„	95 888	Emil Bock	geschweißte konische Rohr
„ „	„	96 617	F. A. Ellis	Ziehen
„ „	„	101 157	Otto Klatte	Walzen von endlosen Hohlkörpern
Brit. Pat.	1897	5 134	A. Prim	Spiralrohr
„ „	„	6 270	O. Robertson	Lochen, Zieher
„ „	„	9 144	Sharp & Billing	Lochen
„ „	„	9 880	W. Pilkington	Pilgerverfahrei
„ „	„	9 917	Price usw.	„
„ „	„	10 475	G. H. Clowes (Lake)	nahtlos. Gieß-verfahren

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Brit. Pat.	1897	10 647	J. A. Hampton	Mehrfachwalzwerk
„ „	„	11 311	H. Ehrhardt	Spiralrohr
„ „	„	13 386	Sharp & Billing	nahtlos. Pressen, Lochen
„ „	„	14 001	J. A. Charnock	Schrägwalzverfahren, Lochen
„ „	„	14 070	J. Wotherspoon	Pilgerverfahren
„ „	„	14 562	Sharp & Billing	Lochen
„ „	„	22 947	H. Perrins	Pakettierverf., nahtlos
„ „	„	28 629	Ellwood Ivins	Ziehen
„ „	„	28 699	„	Kaltziehen
„ „	„	30 358	E. L. Cooper	Lochen
„ „	„	30 499	R. C. Stiefel	Lochen, Schrägwalzverfahren
„ „	„	30 450	„	Schrägwalzverf.
„ „	„	30 451	„	„
„ „	„	30 544	O. Parpart	elektr. Schweiß.
Deutsch. Pat.	„	95 846	Clowes	Walzen
„ „	„	95 846	„	nahtloses Gußverfahren
„ „	„	98 238	Deutsch-Oest.M.-R.-W.	Walzwerk zum Auswalzen und Kalibrieren von Hohlblöcken
„ „	„	98 529	Fritz Müller	hydraulische Ziehbank
„ „	„	99 893	James Robertson	Pressen von Hohlblöcken
„ „	„	99 977	W. Fitzner	konisch geschweißte Rohre
„ „	„	99 978	Pierre Secretan	Ziehen
„ „	„	100 001	Alfr. Mannesmann	Schrägwalzprozeß
„ „	„	100 452	Ernest Hollings	nahtloses Gießverfahren
„ „	„	101 212	Sharp & Billing	Walzen
„ „	„	112 917	Mc Cool	Kaltziehen

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Deutsch. Pat.	1897	114 783	Brockers	Ziehen mit verschied. Innen-Durchmesser
„ „	„	115 141	H. Spatz	Dornführung für nahtl. gewalzte Rohre
„ „	„	116 753	R. Ch. Stiefel	Walzwerk zum Dornablösen
„ „	„	127 808	M. Mannesmann	Ausstreckwalzwerk für Rohre
„ „	„	129 875	R. C. Stiefel	Ziehen nahtloser Rohre
„ „	„	136 783	G. Alvermann	nahtlose Rohre
Brit. Pat.	1898	611	R. C. Stiefel	Lochen, Schrägwalzprozeß
„ „	„	612	„	Pilgerverfahren
„ „	„	3 332	A. Pilkington	Schweißen
„ „	„	8 148	J. C. Sturgeon	Lochen, Schrägwalzverf.
„ „	„	11 406	H. Perrins	Spiralrohr, Walzen
„ „	„	12 188	H. Ehrhardt	Ziehen
„ „	„	12 969	A. Pryme	Gießverfahren, Walzen
„ „	„	17 986	C. Twer	Ziehtrichter
„ „	„	19 059	Minton & Brookes	Schweißen
„ „	„	21 744	Lones & Holden	Pilgerverfahren
„ „	„	22 261	E. E. Ries	elektr. Schweißen, Ziehen
„ „	„	27 215	Brockers	Ziehen
Amerik. Pat.	„	605 027	R. C. Stiefel	Schrägwalzverfahren
Deutsch. Pat.	„	101 265	Stritsberg	nahtl. Schleudergußverfahren
„ „	„	105 526	Standard Tool Co.	elektrische Röhrenschweißmaschine
„ „	„	105 758	Benediks & Zolkowsky	Stanzen
„ „	„	106 867	Deutsch-Oest. M.-R.-W.	Ziehen

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Deutsch. Pat.	1898	106 869	H. Ehrhardt	nahtlose doppelte od. mehrfache Rohre
„ „	„	108 738	H. Perrins & Smethwick	Hohlblöcke aus Schweißpaket
„ „	„	108 783	Carl Twer	überlappt geschweißte Gasrohre
„ „	„	109 765	Joh. Scheibner	Schweißen
„ „	„	111 477	Ellwood Joins	Rohrziehmasch.
„ „	„	112 616	E. Vogel	nahtl. Preßverf.
„ „	„	114 783	Brockers	gezogene Rohre mit verschied. Innendurchm.
„ „	„	122 761	Eschweiler Eisenwerke	überlappt geschweißte Gasrohre
Brit. Pat.	1899	4 312	G. T. Thompson	elektrisch. Schweißen
„ „	„	7 116	T. J. Bray	Schweißen, Ziehen
„ „	„	7 963	E. Pilkington	Lochen
„ „	„	12 747	H. Ehrhardt	Walzverfahren
„ „	„	12 828	L D. Davis	Schrägwalzverf.
„ „	„	15 072	O. Klatte	Walzwerk
„ „	„	15 419	G. A. Muntz & A. J. Astburg	Kaltziehbank
„ „	„	15 594	S. Frank	Lochen
„ „	„	15 772	E. L. Cooper	nahtl Lochen
„ „	„	16 550	E. Johnson	Ueberlapptschweiß., Walz.
„ „	„	21 699	A. Schmitz	Schweiß., Ziehen
„ „	„	21 237	Hernadthaler Ungar. Eis.-Ind.-A.-G.	Lochen
Deutsch. Pat.	„	110 736	Wilh. Fitzner	Schweißofen für große Röhren
„ „	„	111 096	Eduard Laeis	Rohrschweißofen
„ „	„	113 160	Michael Röhrig	Röhrenschweißofen

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Deutsch. Pat.	1899	113 257	Malmedie & Co.	Ziehzangenwag.
„ „	„	114 537	Thomas Bray	Ziehbank
„ „	„	114 783	Brockers	gezogene Rohre mit verschied. Innendurchm.
„ „	„	115 142	Huldschinsky	Rohrwalzwerk
„ „	„	118 034	Herb. Rud. Kathley	nahtlose Rohre
„ „	„	118 929	Bruno Quast	Rohrschweißmaschine
„ „	„	121 882	Otto Klatte	nahtlose Rohre, Kesselschüsse
„ „	„	122 996	„	„
„ „	„	123 091	J. A. Hampton & Keates	nahtlose Rohre, Walzen
„ „	„	125 288	Jos. Gieshoidt	Querwalzwerk
„ „	„	128 263	Leonh. Delano Daris	nahtl. Scheibenwalzwerk
„ „	„	129 792	Otto Klatte	nahtlose Rohre, Kesselschüsse
„ „	„	130 482	H. v. Mitzlaff	Lochen
„ „	„	131 153	Akt.-Ges. Ferrum	Rundwalzen geschweißt. Rohre
Amerik. Pat.	„	628 024	J. H. Nicolson	Schrägwalzverf.
„ „	„	628 168	Gustav T. Siwern	Schweißen
„ „	„	635 822	C. Twer	Schweißen, Ziehen
Brit. Pat.	1900	4 996	J. C. Nicklin	Pakettierverf.
„ „	„	5 867	H. Perrins	Walzen, Pakettierverf.
„ „	„	8 966	A. L. Murphy	Schweißen
Deutsch. Pat.	„	62 688	Randolph & Hewlett Clowes	Walzwerk
„ „	„	121 104	Fried. Renfert	Lochen
„ „	„	122 932	R. M. Daelen	Walzwerk
„ „	„	123 453	Kosmos, Kattowitz	„
„ „	„	125 290	Deutsch-Oest. M.-R.-W.	Pilgern
„ „	„	128 051	Otto Klatte	Schmierung der Dornstange
„ „	„	128 559	Perrins-Limited	Pilgern

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Deutsch. Pat.	1900	129 857	L. Frank	Lochpresse
„ „	„	132 211	Rud. Kronenberg	Lochen
„ „	„	137 781	Otto Heer	Pilgern
„ „	„	139 667	R. Mengelbier	Walzwerk
„ „	„	143 532	W. Junge	Pilgern
„ „	„	149 714	Jov. Gieshoidt	Kegelwalzwerk
„ „	1901	101 138	Otto Klatte	Walzwerk
„ „	„	101 157	„	„
„ „	„	130 341	Max Mannesmann	„
„ „	„	131 154	Continental-Röhren- u. Masch.-W. Oberhausen	Ziehen
„ „	„	131 373	H. Ehrhardt	Lochen
„ „	„	133 848	R. und M. Mannesmann	Strangpresse
„ „	„	134 612	Otto Heer	Walzwerk
„ „	„	136 007	Salomon Frank	Pressen
„ „	„	138 786	Peter Eyermann	Walzwerk
„ „	„	141 158	Herbert Rud. Keithley	Lochen
„ „	„	141 965	Ad. Thielmann	Querwalzwerk
„ „	„	142 174	Gust. Gleichmann	Lochen
„ „	„	142 653	Otto Heer	Pilgern
„ „	„	144 290	Balfour Fraser	Kesselschüsse
„ „	„	145 373	S. E. Diescher	Querwalzwerk
„ „	„	145 988	„	Kesselschüsse
„ „	„	146 360	H. Ehrhardt	Walzwerk
Amerik. Pat.	„	638 807	Emil Hollinger	Lochen
„ „	„	665 790	Th. Ledermüller	Walzwerk
Deutsch. Pat.	1902	141 107	Otto Briede	Pendelwalzw.
„ „	„	143 070	Krupp	Lochen
„ „	„	143 087	Rud. Kronenberg	„
„ „	„	144 662	Haneberg	Walzwerk
„ „	„	146 077	G. Gleichmann	Lochen
„ „	„	146 874	Max Mannesmann	Walzwerk
„ „	„	146 875	Hopkins	Kesselschüsse
„ „	„	150 376	Max Mannesmann	Walzwerk
„ „	„	150 586	Deutsch-Oest.M.-R.-W.	Pilgern
„ „	„	150 722	Max Mannesmann	Walzwerk
„ „	„	151 009	„	„
„ „	„	151 713	Deutsch-Oest.M.-R.-W.	Pilgern
„ „	„	151 861	M. und S. Gobiet	Walzwerk

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land		Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Deutsch.	Pat.	1902	151 869	Max Mannesmann	Walzwerk
„	„	„	151 909	Balfour Fraser Mc Tear	Querwalzwerk
„	„	„	152 575	Deutsch-Oest.M.-R.-W.	Pilgern
„	„	„	152 856	Dr. B. v. Schneider	Profilieren
„	„	„	153 082	Max Mannesmann	Kesselschüsse
„	„	„	153 759	Deutsch-Oest. M. R.W.	Pilgern
„	„	„	155 164	Balfour Fraser Mc Tear	Lochen
„	„	„	163 546	R. Renfert	„
„	„	„	164 280	Otto Briede	Pendelwalzw.
„	„	„	167 742	„	„
„	„	„	170 466	„	„
„	„	1903	150 021	H. Ehrhardt	Walzwerk
„	„	„	151 126	J. Schmitz	Ziehen
„	„	„	151 615	Balfour Fraser Mc Tear	Kesselschüsse
„	„	„	153 058	Reißholz	Walzwerk
„	„	„	153 736	W. Frentrup	Batteriewalzw.
„	„	„	155 228	Deutsch-Oest.M.-R.-W.	Pilgern
„	„	„	155 229	W. A. Jackson	Walzwerk
„	„	„	156 666	R. und G. Schmolle	Lochen
„	„	„	157 001	Deutsch-Oest. M. R.W.	Pilgern
„	„	„	157 641	Otto Briede	Pendelwalzw.
„	„	„	157 982	W. Frentrupp	Batteriewalzw.
„	„	„	159 380	Otto Heer	Walzwerk
„	„	„	162 534	Otto Nebe	
„	„	„	162 715	Winslow Allderdice	Walzwerk
Amerik.	Pat.	„	693 381	William Dick	Schrägwalzw.
„	„	„	718 723	J. H. Nicolson	„
Deutsch.	Pat.	„	167 392	R. und G. Schmolle	Lochen
„	„	„	168 025	G. Lambert	Walzwerk
„	„	„	168 152	P. Kuchler	„
„	„	„	170 641	Deutsch-Oest.M.-R.-W.	„
„	„	„	170 783	„	„
„	„	„	174 882	„	Pilgern
„	„	„	177 123	G. Hemptinne	Walzwerk
„	„	1904	161 303	Otto Heer	„
„	„	„	161 947	Balfour Fraser Mc Tear	Kesselschüsse
„	„	„	162 195	Otto Heer	Walzwerk
„	„	„	163 312	„	„
„	„	„	164 500	„	„

Die grundlegenden in- und ausländischen Patente zur Röhrenfabrikation.

Land	Jahr	Pat.-Nr.	Erfinder	betrifft
Deutsch. Pat.	1904	166 629	Alois Fall	Walzwerk
„ „	„	166 953	Otto Briede	„
„ „	„	171 447	Joh. Haag	„
„ „	„	172 400	Otto Heer	Pilgern
„ „	„	173 516	„	„
„ „	„	174 372	John H. Nicolson	Walzwerk
„ „	„	179 341	Otto Briede	„
„ „	„	185 029	Patter & Co.	Pilgern
„ „	„	185 148	Elmores Metall-A.-G.	Walzwerk
Amerik. Pat.	„	765 986	J. H. Nicolson	Schrägwalzw.
„ „	1905	170 021	Otto Heer	Walzwerk
„ „	„	172 098	„	Pilgern
„ „	„	174 315	H. Ehrhardt	Walzwerk
Deutsch. Pat.	„	174 493	Deutsch-Oest.M.-R.-W.	Pilgern
„ „	„	175 346	Otto Briede	Walzwerk
„ „	„	177 802	„	„

Namen- und Sachverzeichnis.

